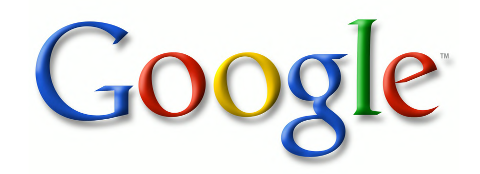
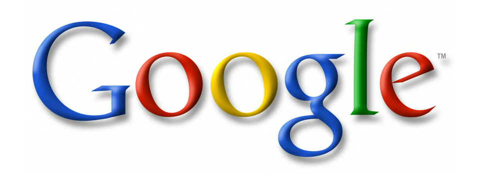



Google

Dr.-Ing. A. KLEINLOGEL

RAHMENFORMELN

BERLIN
VERLAG VON WILHELM ERNST & SOHN


SIGILLVM · VNIVERSITATIS · CALIFORNIENSIS
LVX
FIAT
MDCCCLXVIII
EX LIBRIS

RAHMENFORMELN

Gebrauchsfertige Formeln

für einhüftige, zweistielige, dreieckförmige und geschlossene Rahmen aus Eisen- oder Eisenbetonkonstruktion nebst Anhang mit Sonderfällen teilweise und ganz eingespannter Träger

von

Dr.-Ing. A. KLEINLOGEL
Privatdozent an der Techn. Hochschule Darmstadt

169 Rahmenfälle mit 338 Abbildungen



BERLIN 1914
Verlag von Wilhelm Ernst u. Sohn.

Für jede in diesem Buche entdeckte falsche Formel oder Zahl erhält der erste Finder 10 Mk.
(Näheres im Vorwort.)

Vorwort.

Dem Verlangen nach eingehenden theoretischen Darlegungen über Rahmenkonstruktionen und deren Berechnung ist in den letzten beiden Jahren durch mehrere ausgezeichnete Werke entsprochen worden. Für den in der Praxis stehenden Ingenieur liegt aber noch ein weiteres Bedürfnis nach gebrauchsfertigen Formeln vor, welche es ermöglichen, die oft nur knappe Zeit für eine Entwurfsarbeit nicht durch umständliche rechnerische Ermittlungen kürzen zu müssen.

Schon vor längerer Zeit hatte ich damit begonnen, die mir vorkommenden Rahmenfälle für meine eigenen Zwecke nach verschiedenen Methoden durchzurechnen, die erhaltenen Formeln zusammenzustellen und zu sammeln. Die auf diese Weise bei späteren Wiederholungen erzielte Zeitersparnis und die rasche Gebrauchsbereitschaft der Formeln bewog mich, die Berechnungen auf immer weitere Rahmengebilde und Belastungsfälle, und zwar jeweils unter Berücksichtigung der verschiedenen Trägheitsmomente, auszudehnen. Anfänglich wurden die Ermittlungen auf die Berechnung der statisch unbestimmten Größen beschränkt; es hat sich dann aber bald als zweckmäßig erwiesen, auch die Werte für die tatsächlichen Auflagerkräfte und Biegungsmomente sowie die Werte der letzteren für die Rahmenecken und für sonstige wichtige Querschnitte hinzuzufügen. Dadurch ist die Möglichkeit gegeben, die konstruktiven und wirtschaftlichen Folgen verschiedener Rahmenanordnung — Gelenke, Einspannung, Lastenverteilung — übersichtlich gegeneinander abwägen zu können. In dieser Hinsicht soll die zeichnerische Beigabe des Momentenverlaufes den Überblick weiterhin erleichtern und vor groben Fehlern schützen. Hierzu darf bemerkt werden, daß die in den Abbildungen wiedergegebenen Momentenlinien in ihren Ordinaten zahlenmäßig durchgerechneten Beispielen entsprechen, so daß das Ordinatenverhältnis ohne weiteres als Anhaltspunkt für die Wirklichkeit benutzt werden kann.

Es ist mit Rücksicht auf den Umfang vorläufig davon Abstand genommen worden, die Wiedergabe der Formeln über die einfacheren Rahmen-

gebilde hinaus auszudehnen — es mußte auch hier schon ohnedies große Beschränkung geübt werden. Dafür sind für die einzelnen Rahmenarten je eine größere Anzahl von Belastungsfällen entwickelt worden, welche für die tägliche Praxis voraussichtlich genügen dürften. Für érste überschlägige Rechnungen können auch zusammengesetzte Rahmengebilde durch Zerlegung in mehrere einfachere Stabzüge bei geeigneter Verwendung der nachstehenden Formeln, wenigstens in groben Umrissen, erfaßt werden; doch sollten sich damit nur solche Ingenieure befassen, welche von vornherein schon den nötigen Überblick besitzen.

Die Aufnahme des Buches wird zeigen, in welcher Richtung Verbesserungen, Kürzungen oder Erweiterungen am ehesten wünschenswert erscheinen. Die Formeln sind alle wiederholt geprüft worden; sollten sich außer den bereits im Berichtigungsverzeichnis enthaltenen Änderungen noch andere Unrichtigkeiten vorfinden, so ist Verfasser und Verlag für deren sofortige Bekanntgabe gleich dankbar.*) Bei der Berechnung der Formeln war anfänglich Herr Hans Schäfer und sodann hauptsächlich Herr Dipl.-Ing. Alfred Ritter in dankenswerter Weise mit beteiligt.

Ich möchte ferner nicht versäumen, dem Verlag meinen besonderen Dank für die gute Ausstattung des Buches auszusprechen.

*) Anmerkung des Verlags: Jeder erste Finder eines Druckfehlers in den Formeln erhält eine Belohnung von 10 Mark.

Darmstadt, Ende Mai 1914.

Dr.-Ing. **A. Kleinlogel.**

Inhaltsverzeichnis.

I. Einhüftige Rahmen

mit senkrechtem Ständer und mit wagerechtem Querriegel.

a) Zweigelenkrahmen.

b) Einhüftige Rahmen mit Fußgelenk und Einspannung des Querriegels.

Seite

II. Zweistielige Rahmen
mit senkrechten Ständern und mit wagerechtem Querriegel.

a) Zweistielige Zweigelenkrahmen.

b) Zweigelenkrahmen mit Auskragungen und Konsolen.

c) Eingespannte Rahmen.

Seite

III. Zweistielige Zweigelenkrahmen

mit senkrechten Ständern und einseitig geneigtem Querriegel.

IV. Zweistielige Zweigelenkrahmen

mit einem senkrechten und einem geneigten Ständer, sowie mit wagerechtem Querriegel.

V. Zweistielige Zweigelenkrahmen

mit zwei geneigten Ständern und wagerechtem Querriegel.

VI. Zweistielige Zweigelenkrahmen

mit senkrechten Ständern und satteldachförmigem Querriegel.

VII. Zweistielige Zweigelenkrahmen

mit senkrechten Ständern und parabolischem Querriegel.

VIII. Dreieckrahmen mit Fußgelenken.

IX. Shedrahmen mit Fußgelenken.

X. Geschlossene Rechteckrahmen

mit gleichmäßig verteilter Innenbelastung (für Behälter, Silos u. dergl.).

XI. Anhang.

Einige Fälle teilweise und vollständig eingespannter Träger mit Sonderbelastungen.

a) Einerseits frei aufliegende, anderseits eingespannte Träger.

Zeichenerklärung.

Im allgemeinen ist die Bedeutung der verschiedenen Buchstaben ohne weiteres aus den Abbildungen zu entnehmen. Der Horizontalschub ist stets mit H, die Auflagerkräfte mit V, die Biegungsmomente mit M bezeichnet, wobei der beigesetzte Index (H_A, V_C, M_B) angibt, für welche Stelle oder für welchen Querschnitt der betr. Wert gilt.

Die Biegungsmomente sind dann mit + bezeichnet, wenn sie im Rahmen innen Zug erzeugen, mit —, wenn das Gegenteil der Fall ist. Das Trägheitsmoment der Stiele ist stets mit J_1, bezw. J_3, dasjenige des Querriegels mit J_2 bezeichnet worden. Bei gleichen J ist dieser Buchstabe ohne Index verwendet worden.

Bei den Momentenlinien sind die Ordinaten meistens senkrecht zur Stabachse aufgetragen worden — eine einzige Ausnahme bilden die Rahmen mit parabolisch gekrümmtem Querriegel, für welche Fälle die Ordinaten parallel mit den senkrechten Stielen aufgetragen wurden.

Berichtigungen.

Seite 21: Im ersten Nenner der beiden Ausdrücke für H_A und H_C ist der Buchstabe l — statt h — stehen geblieben.

Die beiden Formeln müssen lauten:

$$H_A = \frac{q\,c}{h}\left(b + \frac{c}{2}\right) - V \cdot \frac{l}{h}$$

$$H_C = \frac{q\,c}{h}\left(a + \frac{c}{2}\right) + V \cdot \frac{l}{h}.$$

Seite 223: In der Abbildung links muß im Fußpunkt E die Bezeichnung der Vertikalkraft V_E lauten statt V_A.

I. Einhüftige Rahmen

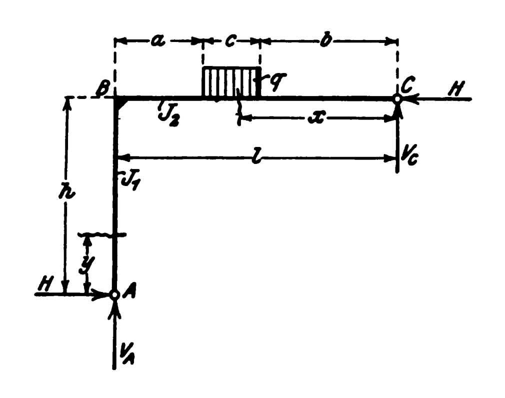
mit senkrechtem Ständer und mit wagerechtem Querriegel.

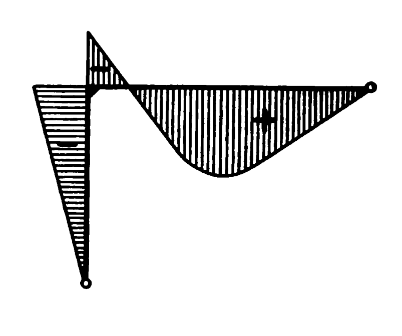
a. Zweigelenkrahmen.

18 Fälle.

Einhüftiger Zweigelenkrahmen mit senkrechtem Ständer und mit wagerechtem Querriegel.

Senkrechte, gleichmäßig verteilte teilweise Streckenbelastung des Querriegels.





$$V_A = \frac{q\,c}{l}\left(b + \frac{c}{2}\right) + H \cdot \frac{h}{l} \qquad\qquad k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{h}{l}$$

$$V_C = \frac{q\,c}{l}\left(a + \frac{c}{2}\right) - H \cdot \frac{h}{l}$$

$$H = \frac{q\,c\,(2\,b + c)\,(2\,l^2 - 2\,b^2 - 2\,b\,c - c^2)}{8\,h\,l^2\,(k+1)}.$$

Moment an einer beliebigen Stelle des Ständers im Abstand y von A:

$$M_y = -\,H\,y$$

$$M_B = -\,H\,h.$$

Moment an einer beliebigen Stelle des Querriegels im Abstand x von C:

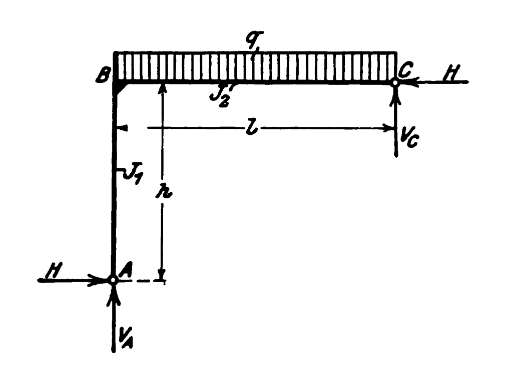
für die Strecke a: $M_x = V_C\,x - q\,c\left(x - b - \frac{c}{2}\right)$

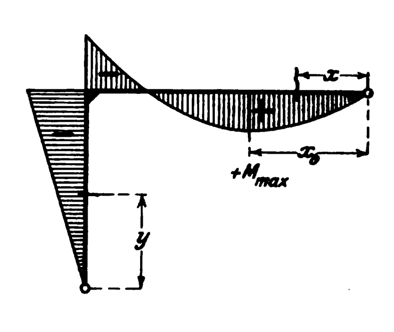
„ „ „ c: $M_x = V_C\,x - \frac{q}{2}\,(x - b)^2$

„ „ „ b: $M_x = V_C\,x.$

Einhüftiger Zweigelenkrahmen mit senkrechtem Ständer und mit wagerechtem Querriegel.

Senkrechte, gleichmäßig verteilte Belastung des Querriegels auf dessen ganze Länge.





$$V_A = \frac{q\,l}{8} \cdot \frac{4k+5}{k+1} \qquad k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{h}{l}$$

$$V_C = \frac{q\,l}{8} \cdot \frac{4k+3}{k+1}$$

$$H = \frac{q\,l^2}{8\,h\,(k+1)}\,.$$

Moment an einer beliebigen Stelle des Ständers im Abstand y von A:

$$M_y = -\,H\,y$$

$$M_B = -\,H\,h.$$

Moment an einer beliebigen Stelle des Querriegels im Abstand x von C:

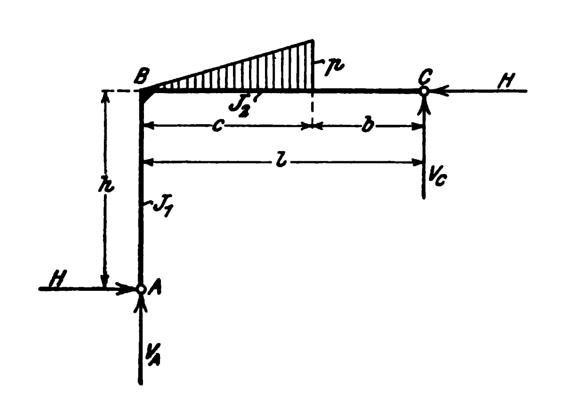
$$M_x = \frac{q\,x}{8} \cdot \frac{4\,k\,(l-x) + (3\,l - 4\,x)}{k+1}\,.$$

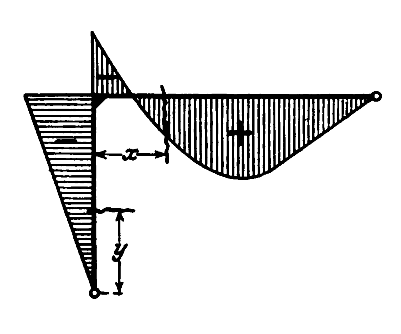
Maximalmoment in $x_0 = \frac{4k+3}{k+1} \cdot \frac{l}{8}$:

$$+\,M_{max} = +\,\frac{q\,l^2}{128}\left(\frac{4k+3}{k+1}\right)^2.$$

Einhüftiger Zweigelenkrahmen mit senkrechtem Ständer und mit wagerechtem Querriegel.

Senkrechte, einseitig ansteigende, teilweise Dreieckbelastung des Querriegels mit Minimum in der Rahmenecke.





$$V_A = \frac{p\,c}{6\,l}(3\,b + c) + H \cdot \frac{h}{l} \qquad\qquad k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{h}{l}$$

$$V_C = \frac{p\,c^2}{3\,l} - H \cdot \frac{h}{l}$$

$$H = \frac{p\,c^2\,[5\,l\,(8\,l - 9\,c) + 12\,c^2]}{120\,h\,l^2\,(k + 1)}\,.$$

Moment an einer beliebigen Stelle des Ständers im Abstand y von A:

$$M_y = -H\,y$$

$$M_B = -H\,h.$$

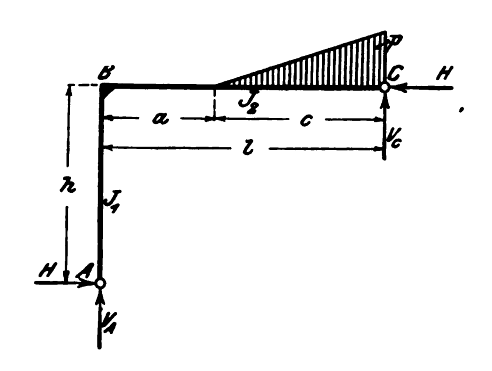
Moment an einer beliebigen Stelle des Querriegels im Abstand x von B:

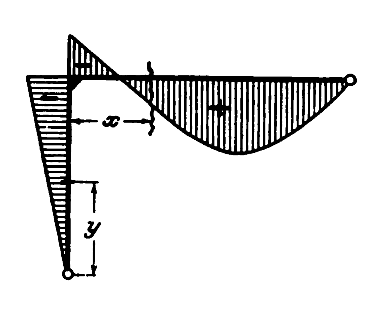
für die Strecke c: $M_x = V_A\,x - H\,h - \frac{p\,x^3}{6\,c}$

" " " b: $M_x = V_C\,(l - x)$.

Einhüftiger Zweigelenkrahmen mit senkrechtem Ständer und mit wagerechtem Querriegel.

Senkrechte, einseitig ansteigende, teilweise Dreieckbelastung des Querriegels mit Maximum im oberen Gelenkpunkt.





$$V_A = \frac{p c^2}{6 l} + H \cdot \frac{h}{l} \qquad k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{h}{l}$$

$$V_C = \frac{p c}{6 l} (3 a + 2 c) - H \cdot \frac{h}{l}$$

$$H = \frac{p c^2 (10 l^2 - 3 c^2)}{120 h l^2 (k + 1)}.$$

Moment an einer beliebigen Stelle des Ständers im Abstand y von A:

$$M_y = - H y$$
$$M_B = - H h.$$

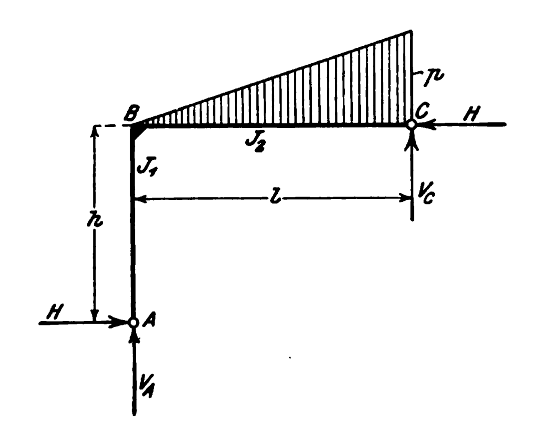
Moment an einer beliebigen Stelle des Querriegels im Abstand x von B:

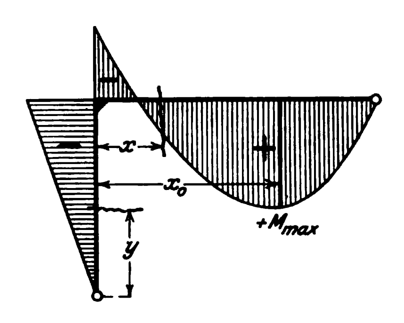
für die Strecke a: $M_x = V_A x - H h$

„ „ „ c: $M_x = V_A x - H h - \frac{p (x - a)^3}{6 c}.$

Einhüftiger Zweigelenkrahmen mit senkrechtem Ständer und mit wagerechtem Querriegel.

Senkrechte, einseitig ansteigende Dreieckbelastung des Querriegels auf dessen ganze Länge mit Maximum im oberen Gelenkpunkt.





$$V_A = \frac{p\,l}{6} + H \cdot \frac{h}{l} \qquad k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{h}{l}$$

$$V_C = \frac{p\,l}{3} - H \cdot \frac{h}{l}$$

$$H = \frac{7\,p\,l^2}{120\,h\,(k+1)}.$$

Moment an einer beliebigen Stelle des Ständers im Abstand y von A:

$$M_y = -H\,y$$
$$M_B = -H\,h.$$

Moment an einer beliebigen Stelle des Querriegels im Abstand x von B:

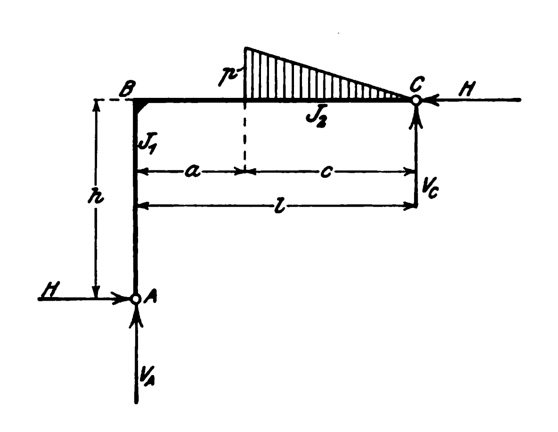
$$M_x = \frac{p\,x}{6\,l}\,(l^2 - x^2) - \frac{H\,h}{l}\,(l - x).$$

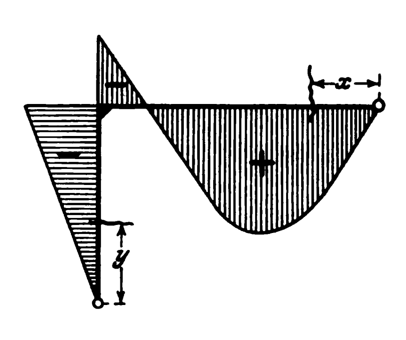
Maximalmoment in $x_0 = l\sqrt{\frac{20\,k + 27}{60\,(k+1)}}$:

$$+M_{max} = +\frac{p\,l^2}{6}\left[\frac{20\,k + 27}{30\,(k+1)}\sqrt{\frac{20\,k + 27}{60\,(k+1)}} - \frac{7}{20\,(k+1)}\right].$$

Einhüftiger Zweigelenkrahmen mit senkrechtem Ständer und mit wagerechtem Querriegel.

Senkrechte, einseitig ansteigende, teilweise Dreieckbelastung des Querriegels mit Minimum im oberen Gelenkpunkt.





$$V_A = \frac{p\,c^2}{3\,l} + H \cdot \frac{h}{l} \qquad\qquad k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{h}{l}$$

$$V_C = \frac{p\,c}{6\,l}\,(3\,a + c) - H \cdot \frac{h}{l}$$

$$H = \frac{p\,c^2\,(5\,l^2 - 3\,c^2)}{30\,h\,l^2\,(k+1)}.$$

Moment an einer beliebigen Stelle des Ständers im Abstand y von A:

$$M_y = -\,H\,y$$

$$M_B = -\,H\,h.$$

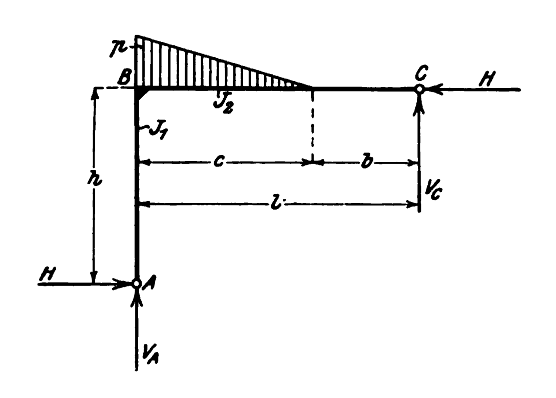
Moment an einer beliebigen Stelle des Querriegels im Abstand x von C:

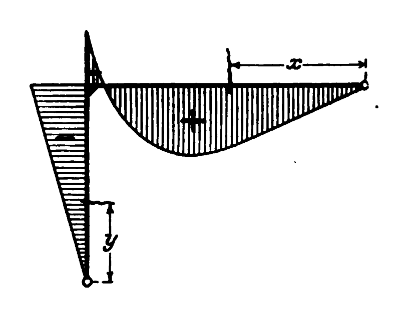
für die Strecke a: $M_x = \frac{p\,c^2}{3\,l}\,(l - x) - H \cdot \frac{h}{l} \cdot x$

„ „ „ c: $M_x = V_C\,x - \frac{p\,x^3}{6\,c}$.

Einhüftiger Zweigelenkrahmen mit senkrechtem Ständer und mit wagerechtem Querriegel.

Senkrechte, einseitig ansteigende, teilweise Dreieckbelastung des Querriegels mit Maximum in der Rahmenecke.





$$V_A = \frac{p\,c}{6\,l}\,(3\,b + 2\,c) + H \cdot \frac{h}{l} \qquad\qquad k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{h}{l}$$

$$V_C = \frac{p\,c^2}{6\,l} - H \cdot \frac{h}{l}$$

$$H = \frac{p\,c^2\,[5\,l\,(4\,l - 3\,c) + 3\,c^2]}{120\,h\,l^2\,(k + 1)}.$$

Momente an einer beliebigen Stelle des Ständers im Abstand y von A:

$$M_y = -H\,y$$

$$M_B = -H\,h.$$

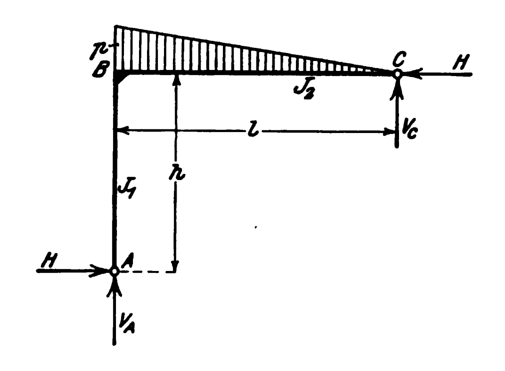
Moment an einer beliebigen Stelle des Querriegels im Abstand x von C:

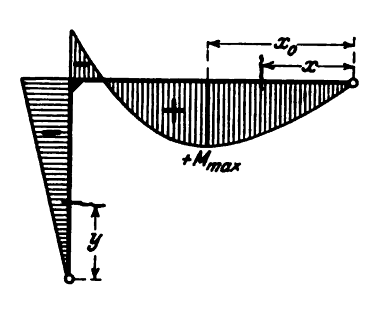
für die Strecke c: $\quad M_x = V_C\,x - \frac{p\,(x - b)^3}{6\,c}$

" " " b: $\quad M_x = V_C\,x.$

Einhüftiger Zweigelenkrahmen mit senkrechtem Ständer und mit wagerechtem Querriegel.

Senkrechte, einseitig ansteigende Dreieckbelastung des Querriegels auf dessen ganze Länge mit Maximum in der Rahmenecke.





$$V_A = \frac{p\,l}{3} + H \cdot \frac{h}{l} \qquad k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{h}{l}$$

$$V_C = \frac{p\,l}{6} - H \cdot \frac{h}{l}$$

$$H = \frac{p\,l^2}{15\,h\,(k+1)}.$$

Moment an einer beliebigen Stelle des Ständers im Abstand y von A:

$$M_y = -Hy$$

$$M_B = -Hh.$$

Moment an einer beliebigen Stelle des Querriegels im Abstand x von C:

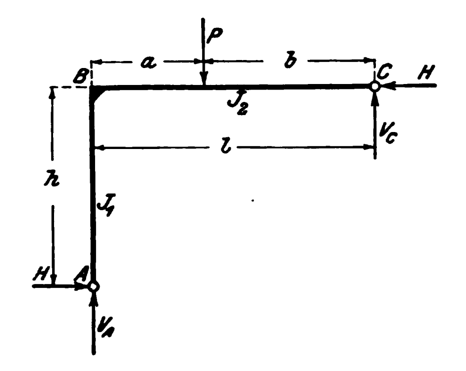
$$M_x = \frac{p\,l}{6}\left[\frac{5\,k+3}{5\,(k+1)} \cdot x - \frac{x^3}{l^2}\right].$$

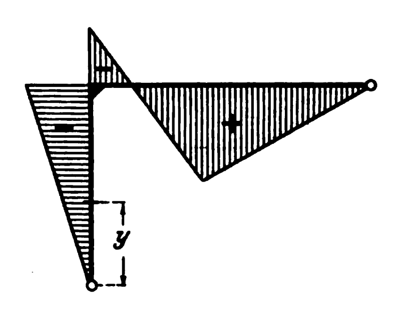
Maximalmoment in $x_0 = l\sqrt{\frac{5\,k+3}{15\,(k+1)}}$

$$+M_{\max} = +\frac{p\,l^2}{3} \cdot \frac{5\,k+3}{15\,(k+1)}\sqrt{\frac{5\,k+3}{15\,(k+1)}}.$$

Einhüftiger Zweigelenkrahmen mit senkrechtem Ständer und mit wagerechtem Querriegel.

Senkrechte Einzellast an beliebiger Stelle des Querriegels.





$$V_A = \frac{Pb}{l} + \frac{Hh}{l}$$ $$k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{h}{l}$$

$$V_C = \frac{Pa}{l} - \frac{Hh}{l}$$

$$H = \frac{Pab\,(l+b)}{2\,hl^2\,(k+1)}.$$

Moment an einer beliebigen Stelle des Ständers im Abstand y von A:

$$M_y = -Hy$$

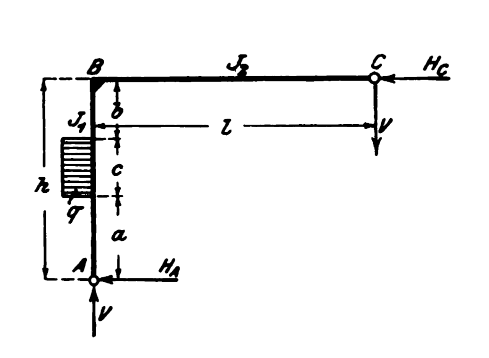
$$M_B = -Hh$$

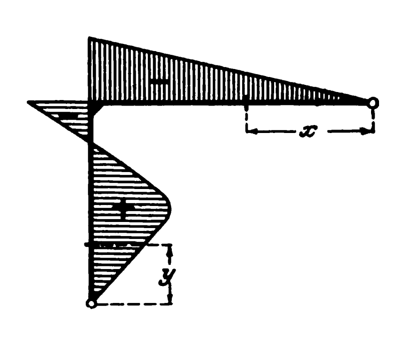
Moment unter der Last:

$$M_P = \frac{Pab\,(2\,l^2 k + 3\,la - a^2)}{2\,l^3\,(k+1)}.$$

Einhüftiger Zweigelenkrahmen mit senkrechtem Ständer und mit wagerechtem Querriegel.

Wagerechte, gleichmäßig verteilte, teilweise Streckenbelastung des Ständers in beliebiger Lage.





$$V = \frac{q\,c\,k\,(2\,a + c)\,(2\,h^2 - 2\,a^2 - 2\,a\,c - c^2)}{8\,h^2\,l\,(k + 1)} \qquad k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{h}{l}$$

$$H_A = \frac{q\,c}{l}\left(b + \frac{c}{2}\right) - V \cdot \frac{l}{h}$$

$$H_C = \frac{q\,c}{l}\left(a + \frac{c}{2}\right) + V \cdot \frac{l}{h}.$$

Moment an einer beliebigen Stelle des Ständers im Abstand y von A:

für die Strecke a: $M_y = H_A\,y$

" " " c: $M_y = H_A\,y - \frac{q}{2}\,(y - a)^2$

" " " b: $M_y = H_A\,y - q\,c\left(y - a - \frac{c}{2}\right)$

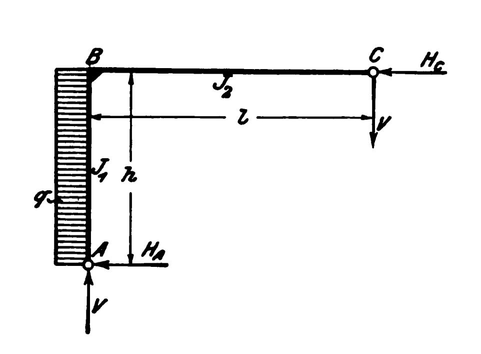
$$M_B = -V\,l.$$

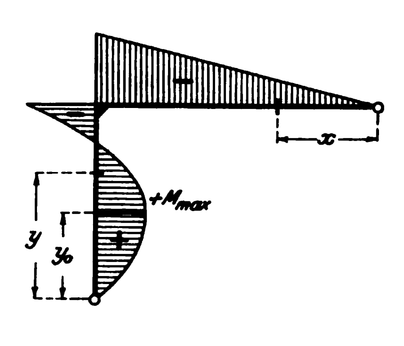
Moment an einer beliebigen Stelle des Querriegels im Abstand x von C:

$$M_x = -V\,x.$$

Einhüftiger Zweigelenkrahmen mit senkrechtem Ständer und mit wagerechtem Querriegel.

Wagerechte, gleichmäßig verteilte Belastung des Ständers auf dessen ganze Höhe.





$$V = \frac{q h^2 k}{8 l (k+1)}$$

$$k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{h}{l}$$

$$H_A = \frac{q h}{8} \cdot \frac{3k+4}{k+1}$$

$$H_C = \frac{q h}{8} \cdot \frac{5k+4}{k+1}.$$

Moment an einer beliebigen Stelle des Ständers im Abstand y von A:

$$M_y = \frac{q y}{8} \cdot \frac{4(h-y) + k(3h-4y)}{k+1}$$

$$M_B = -Vl.$$

Maximalmoment in $y_0 = \frac{3k+4}{k+1} \cdot \frac{h}{8}$:

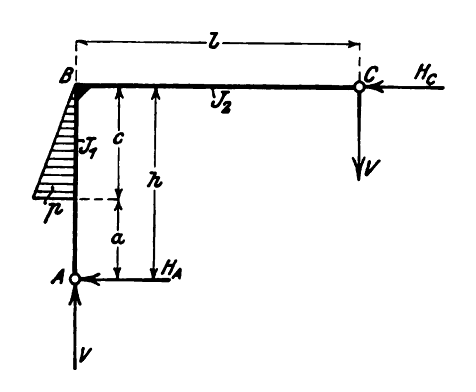
$$+M_{\max} = +\frac{q h^2}{128} \left(\frac{3k+4}{k+1}\right)^2.$$

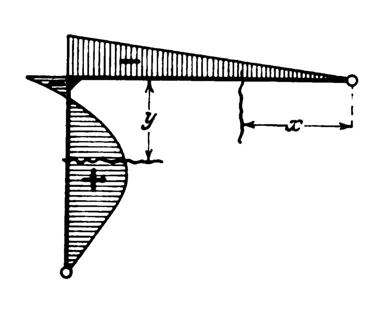
Moment an einer beliebigen Stelle des Querriegels im Abstand x von C:

$$M_x = -Vx.$$

Einhüftiger Zweigelenkrahmen mit senkrechtem Ständer und mit wagerechtem Querriegel.

Wagerechte, teilweise Dreieckbelastung des Ständers mit Minimum in der Rahmenecke.





$$V = \frac{p\,c^2 k}{120\,h^2 l} \cdot \frac{5\,h\,(8\,h - 9\,c) + 12\,c^2}{k + 1} \qquad k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{h}{l}$$

$$H_A = \frac{p\,c^2}{3\,h} - V \cdot \frac{l}{h}$$

$$H_C = \frac{p\,c}{6\,h}\,(3\,a + c) + V \cdot \frac{l}{h}\,.$$

Moment an einer beliebigen Stelle des Ständers im Abstand y von B:

für die Strecke a: $M_y = + H_A\,(h - y)$

„ „ „ c: $M_y = + H_C\,y - V\,l - \frac{p\,y^3}{6\,c}$

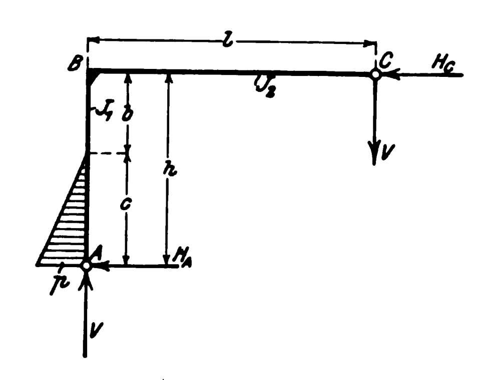
$$M_B = - V\,l.$$

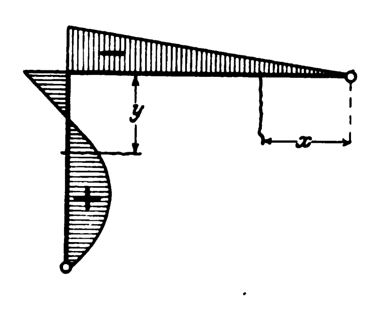
Moment an einer beliebigen Stelle des Querriegels im Abstand x von C:

$$M_x = - V\,x.$$

Einhüftiger Zweigelenkrahmen mit senkrechtem Ständer und mit wagerechtem Querriegel.

Wagerechte, teilweise Dreieckbelastung des Ständers mit Maximum im unteren Gelenkpunkt.





$$V = \frac{p\,c^2\,k}{120\,h^2\,l} \cdot \frac{10\,h^2 - 3\,c^2}{k + 1} \qquad k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{h}{l}$$

$$H_A = \frac{p\,c}{6\,h}(3\,b + 2\,c) - V \cdot \frac{l}{h}$$

$$H_C = \frac{p\,c^2}{6\,h} + V \cdot \frac{l}{h}.$$

Moment an einer beliebigen Stelle des Ständers im Abstand y von B:

für die Strecke c: $M_y = H_C\,y - V\,l - \frac{p\,(y - b)^3}{6\,c}$

„ „ „ b: $M_y = H_C\,y - V\,l$

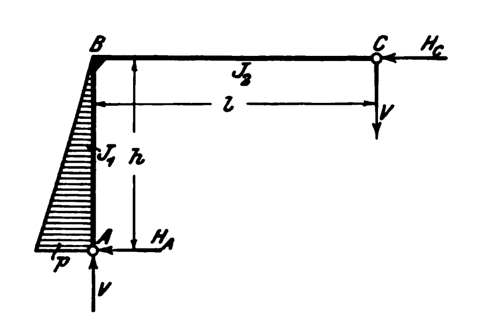
$M_B = -V\,l.$

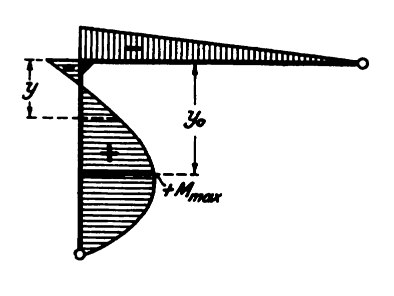
Moment an einer beliebigen Stelle des Querriegels im Abstand x von C:

$$M_x = -V\,x.$$

Einhüftiger Zweigelenkrahmen mit senkrechtem Ständer und mit wagerechtem Querriegel.

Wagerechte Dreieckbelastung auf die ganze Höhe des Ständers mit Maximum im unteren Gelenkpunkt.





$$V = \frac{7\,p\,h^2\,k}{120\,l\,(k+1)}$$

$$k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{h}{l}$$

$$H_A = \frac{p\,h}{3} - V \cdot \frac{l}{h}$$

$$H_C = \frac{p\,h}{6} + V \cdot \frac{l}{h}\,.$$

Moment an einer beliebigen Stelle des Ständers im Abstand y von B:

$$M_y = \frac{p\,y}{6\,h}\,(h^2 - y^2) - \frac{V\,l}{h}\,(h - y).$$

Maximalmoment in $y_0 = h\sqrt{\frac{27\,k + 20}{60\,(k+1)}}$:

$$+M_{\max} = +\frac{p\,h^2}{6}\left[\frac{27\,k+20}{30\,(k+1)}\sqrt{\frac{27\,k+20}{60\,(k+1)}} - \frac{7\,k}{20\,(k+1)}\right]$$

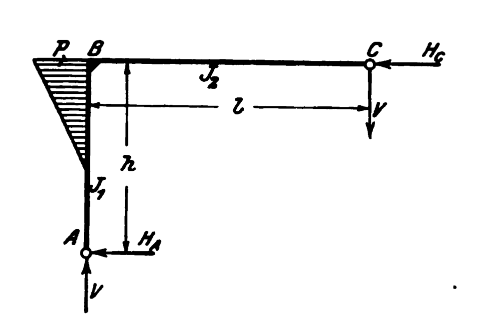
$$M_B = -\,V\,l.$$

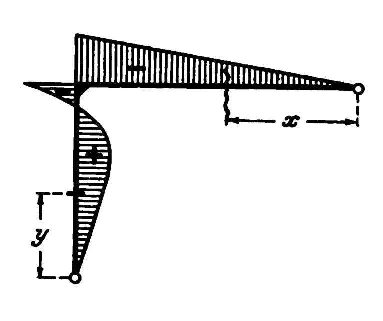
Moment an einer beliebigen Stelle des Querriegels im Abstand x von C:

$$M_x = -\,V\,x.$$

Einhüftiger Zweigelenkrahmen mit senkrechtem Ständer und mit wagerechtem Querriegel.

Wagerechte, teilweise Dreieckbelastung des Ständers mit Maximum in der Rahmenecke.





$$V = \frac{p c^2 [5 h (4 h - 3 c) + 3 c^2] k}{120 l h^2 (k + 1)} \qquad k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{h}{l}$$

$$H_A = \frac{p c^2}{6 h} - V \cdot \frac{l}{h}$$

$$H_C = \frac{p c}{6 h} (3 a + 2 c) + V \cdot \frac{l}{h}.$$

Moment an einer beliebigen Stelle des Ständers im Abstand y von A:

für die Strecke a: $M_y = H_A y$

" " " c: $M_y = H_A y - \frac{p (y - a)^3}{6 c}$

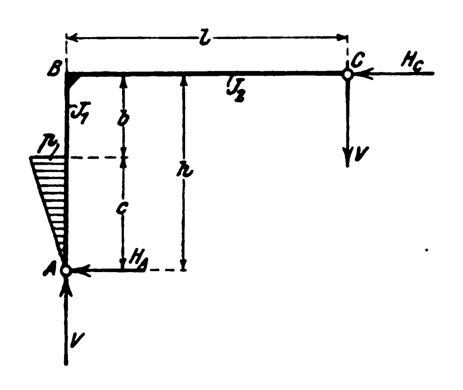
$$M_B = - V l.$$

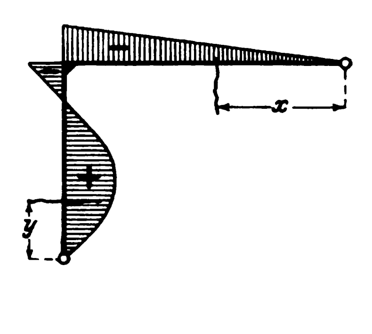
Moment an einer beliebigen Stelle des Querriegels im Abstand x von C:

$$M_x = - V x.$$

Einhüftiger Zweigelenkrahmen mit senkrechtem Ständer und mit wagerechtem Querriegel.

Wagerechte, teilweise Dreieckbelastung des Ständers mit Minimum im unteren Gelenkpunkt.





$$V = \frac{p c^2 k}{30 h^2 l} \cdot \frac{5 h^2 - 3 c^2}{k + 1} \qquad k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{h}{l}$$

$$H_A = \frac{p c}{6 h} (3 b + c) - V \cdot \frac{l}{h}$$

$$H_C = \frac{p c^2}{3 h} + V \cdot \frac{l}{h} \cdot$$

Moment an einer beliebigen Stelle des Ständers im Abstand y von A:

für die Strecke c: $M_y = H_A y - \frac{p y^3}{6 c}$

„ „ „ b: $M_y = \frac{p c^2}{3 h} (h - y) - V \cdot \frac{l}{h} \cdot y$

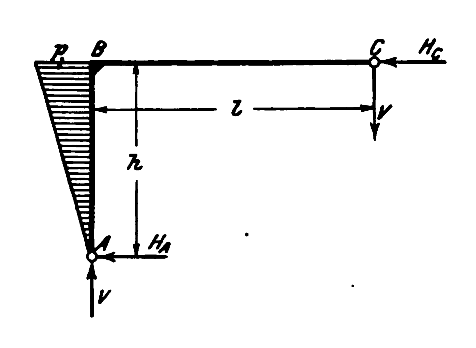
$$M_B = - V l.$$

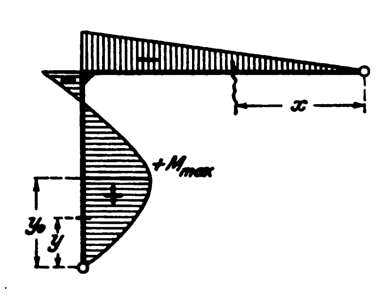
Moment an einer beliebigen Stelle des Querriegels im Abstand x von C:

$$M_x = - V x.$$

Einhüftiger Zweigelenkrahmen mit senkrechtem Ständer und mit wagerechtem Querriegel.

Wagerechte Dreieckbelastung auf die ganze Höhe des Ständers mit Maximum in der Rahmenecke.





$$V = \frac{ph^2 k}{15\, l\,(k+1)} \qquad k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{h}{l}$$

$$H_A = \frac{ph}{6} - V \cdot \frac{l}{h}$$

$$H_C = \frac{ph}{3} + V \cdot \frac{l}{h}.$$

Moment an einer beliebigen Stelle des Ständers im Abstand y von A:

$$M_y = \frac{ph}{6}\left[\frac{3k+5}{5(k+1)} \cdot y - \frac{y^3}{h^2}\right]$$

Maximalmoment in $y_0 = h\sqrt{\frac{3k+5}{15(k+1)}}$

$$+M_{max} = +\frac{ph^2}{3} \cdot \frac{3k+5}{15(k+1)}\sqrt{\frac{3k+5}{15(k+1)}}$$

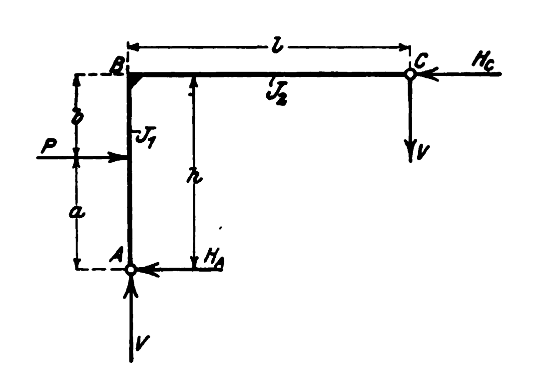
$$M_B = -Vl.$$

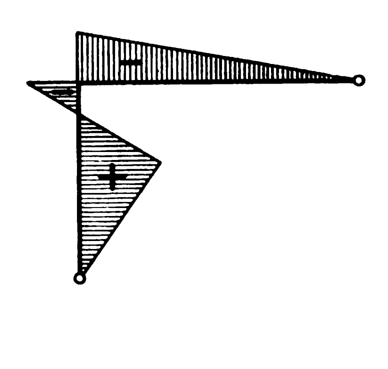
Moment an einer beliebigen Stelle des Querriegels im Abstand x von C:

$$M_x = -Vx.$$

Einhüftiger Zweigelenkrahmen mit senkrechtem Ständer und mit wagerechtem Querriegel.

Wagerechte Einzellast an beliebiger Stelle des Ständers.





$$V = \frac{P a b (a + h)}{2 h^2 l (k + 1)} \qquad k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{h}{l}$$

$$H_A = P \cdot \frac{b}{h} - V \cdot \frac{l}{h}$$

$$H_C = P \cdot \frac{a}{h} + V \cdot \frac{l}{h}$$

Momente:

$$M_P = \frac{P a b}{2 h^3} \cdot \frac{2 h^2 k + 3 h b - b^2}{k + 1}$$

$$M_B = - V l.$$

Fortsetzung.

I. Einhüftige Rahmen

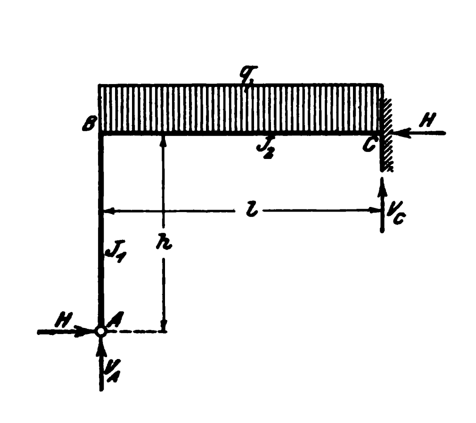
mit senkrechtem Ständer und mit wagerechtem Querriegel.

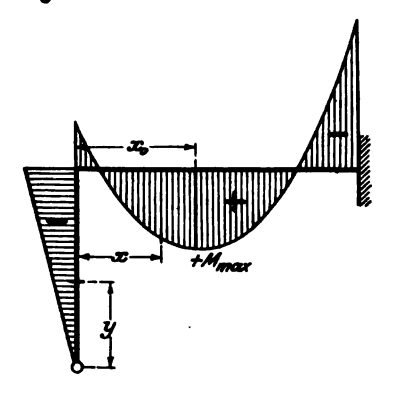
b. Einhüftige Rahmen mit Fußgelenk und Einspannung des Querriegels.

4 Fälle.

Einhüftiger Rahmen mit Fußgelenk und Einspannung des Querriegels.

Senkrechte, gleichmäßig verteilte Belastung des Querriegels auf dessen ganze Länge.





$$V_A = \frac{3\,q\,l}{2} \cdot \frac{k+1}{4\,k+3} \qquad k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{h}{l}$$

$$V_C = q\,l - V_A = \frac{q\,l}{2} \cdot \frac{5\,k+3}{4\,k+3}$$

$$H = \frac{q\,l^2}{4\,h\,(4\,k+3)}.$$

Moment an einer beliebigen Stelle des Ständers im Abstand y von A:

$$M_y = -\,H y$$

$$M_B = -\,H h$$

Moment an einer beliebigen Stelle des Querriegels im Abstand x von B:

$$M_x = V_A\,x - H\,h - \frac{q\,x^2}{2}.$$

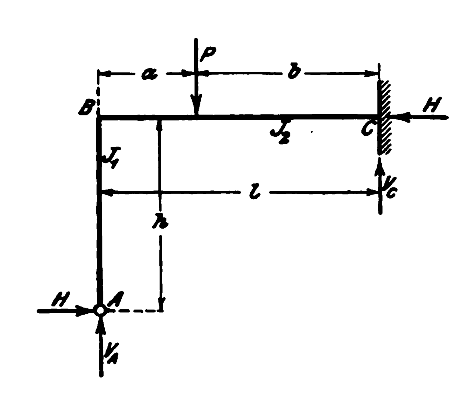
Maximalmoment in $x_0 = \frac{3\,l}{2} \cdot \frac{k+1}{4\,k+3}$

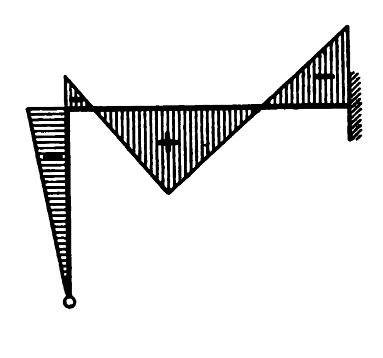
$$+\,M_{\max} = \frac{q\,l^2}{8} \cdot \frac{9\,k^2 + 10\,k + 3}{(4\,k+3)^2}$$

$$M_C = -\,\frac{q\,l^2}{4} \cdot \frac{2\,k+1}{4\,k+3}.$$

Einhüftiger Rahmen mit Fußgelenk und Einspannung des Querriegels.

Senkrechte Einzellast an beliebiger Stelle des Querriegels.





$$V_A = \frac{P b^2}{l^3} \cdot \frac{2k(a+2l)+3(2a+l)}{4k+3} \qquad k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{h}{l}$$

$$V_C = P - V_A$$

$$H = \frac{3 P a b^2}{h l^2 (4k+3)}.$$

Momente:

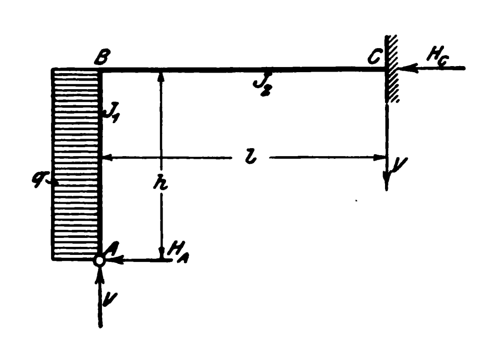
$$M_B = -Hh$$

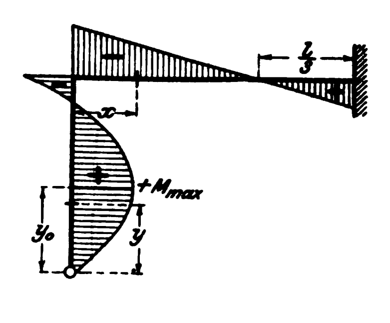
$$M_P = V_A a - Hh = \frac{P a b^2}{l^3} \cdot \frac{2k(a+2l)+6a}{4k+3}$$

$$M_C = -\frac{P a b}{l^2} \cdot \frac{2k(2l-b)+3a}{4k+3}.$$

Einhüftiger Rahmen mit Fußgelenk und Einspannung des Querriegels.

Wagerechte, gleichmäßig verteilte Belastung des Ständers auf dessen ganze Höhe.





$$V = \frac{3qh^2}{4l} \cdot \frac{k}{4k+3} \qquad k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{h}{l}$$

$$H_A = \frac{3qh}{2} \cdot \frac{k+1}{4k+3}$$

$$H_C = qh - H_A = \frac{qh}{2} \cdot \frac{5k+3}{4k+3}.$$

Moment an einer beliebigen Stelle des Ständers im Abstand y von A:

$$M_y = Hy - \frac{qy^2}{2}$$

$$M_B = H_A\,y - \frac{qh^2}{2} = -\frac{qh^2}{2} \cdot \frac{k}{4k+3}.$$

Maximalmoment in $y_0 = \frac{3h}{2} \cdot \frac{k+1}{4k+3}$

$$+M_{\max} = +\frac{9}{8} \cdot qh^2 \left(\frac{k+1}{4k+3}\right)^2.$$

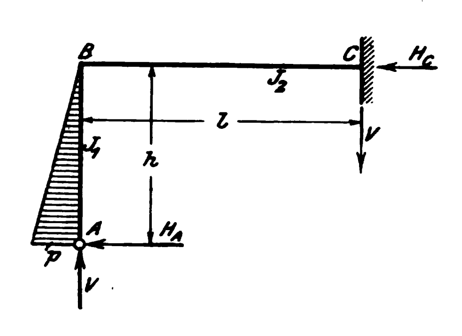
Moment an einer beliebigen Stelle des Querriegels im Abstand x von B:

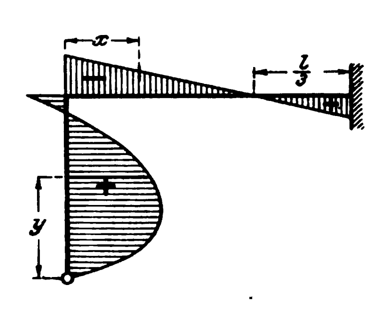
$$M_x = Vx + H_A\,h - \frac{qh^2}{2}$$

$$M_C = +\frac{qh^2}{4} \cdot \frac{k}{4k+3}.$$

Einhüftiger Rahmen mit Fußgelenk und Einspannung des Querriegels.

Wagerechte Dreieckbelastung auf die ganze Höhe des Ständers mit Maximum im Fußgelenkpunkt.





$$V = \frac{13\,p\,h^2}{20\,l} \cdot \frac{k}{4\,k + 3} \qquad k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{h}{l}$$

$$H_A = \frac{p\,h}{10} \cdot \frac{9\,k + 10}{4\,k + 3}$$

$$H_C = \frac{p\,h}{2} - H_A = \frac{p\,h}{10} \cdot \frac{11\,k + 5}{4\,k + 3}.$$

Moment an einer beliebigen Stelle des Ständers im Abstand y von A:

$$M_y = H_A\,y - \frac{p\,y^2}{6\,h}(3\,h - y)$$

$$M_B = H_A\,h - \frac{p\,h^2}{3} = -\frac{13\,p\,h^2}{30} \cdot \frac{k}{4\,k + 3}.$$

Moment an einer beliebigen Stelle des Querriegels im Abstand x von B:

$$M_x = V\,x + H_A\,h - \frac{p\,h^2}{3}$$

$$M_C = +\frac{13\,p\,h^2}{60} \cdot \frac{k}{4\,k + 3}.$$

II. Zweistielige Rahmen

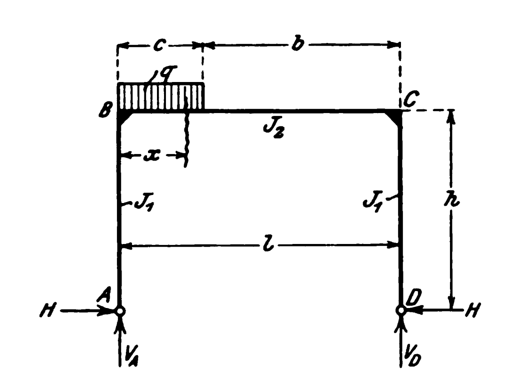
mit senkrechten Ständern und mit wagerechtem Querriegel.

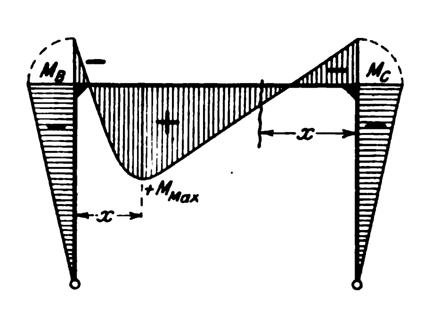
a. Zweigelenkrahmen.

22 Fälle.

Zweistieliger Zweigelenkrahmen mit senkrechten Ständern und mit wagerechtem Querriegel.

Senkrechte, gleichmäßig verteilte, teilweise Streckenbelastung des Querriegels an dessen einem Ende.





$$V_A = \frac{q c}{2 l} (2 l - c) \qquad k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{h}{l}$$

$$V_D = \frac{q c^2}{2 l}$$

$$H = \frac{q c^2}{4 h l} \cdot \frac{3 l - 2 c}{2 k + 3}$$

$$M_A = M_D = 0$$

$$M_B = M_C = - \frac{q c^2}{4 l} \cdot \frac{3 l - 2 c}{2 k + 3}.$$

Moment an einer beliebigen Stelle des Querriegels im Abstand x von B bezw. von C

für die Strecke c: $M_x = V_A x - \frac{q x^2}{2} + M_B$ (x von B aus gemessen)

„ „ „ b: $M_x = V_D x + M_C$ (x „ C „ „)

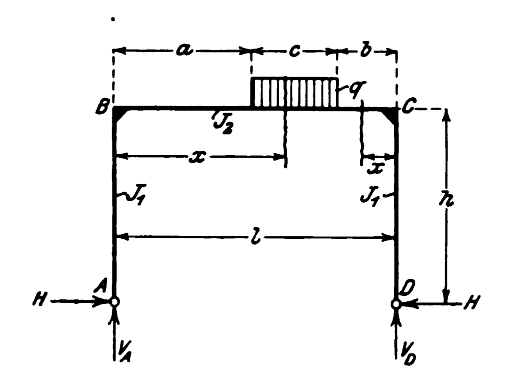
Gefährlicher Querschnitt $x = \frac{c}{2 l} (2 l - c)$ (x „ B „ „)

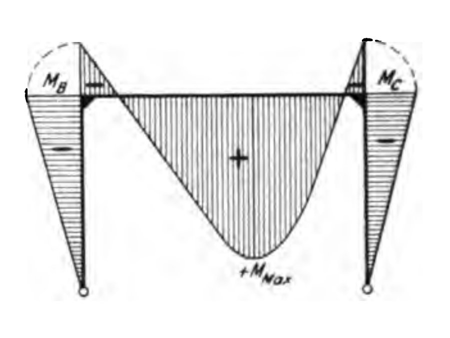
$$+ M_{\max} = + \frac{q c^2}{8 l^2} (2 l - c)^2 + M_B$$

$$= + \frac{2 k (2 l - c)^2 + 6 l^2 - 8 c l + 3 c^2}{2 k + 3} \cdot \frac{q c^2}{8 l^2}.$$

Zweistieliger Zweigelenkrahmen mit senkrechten Ständern und mit wagerechtem Querriegel.

Senkrechte, gleichmäßig verteilte, teilweise Streckenbelastung des Querriegels in beliebiger Lage.





$$V_A = \frac{q\,c}{2\,l}\,(2\,b + c) \qquad\qquad k = \frac{J_2}{J_1}\cdot\frac{h}{l}$$

$$V_D = \frac{q\,c}{2\,l}\,(2\,a + c)$$

$$H = \frac{q\,c\,(-6\,b^2 + 6\,b\,l - 6\,b\,c - 2\,c^2 + 3\,c\,l)}{4\,h\,l\,(2\,k + 3)}$$

$$M_A = M_D = 0$$

$$M_B = M_C = -\frac{q\,c\,(-6\,b^2 + 6\,b\,l - 6\,b\,c - 2\,c^2 + 3\,c\,l)}{4\,l\,(2\,k + 3)}.$$

Moment an einer beliebigen Stelle des Querriegels im Abstand x von B bezw. von C

für die Strecke a: $M_x = V_A\,x + M_B$ (x von B aus gemessen)

„ „ „ c: $M_x = V_A\,x - q\cdot\frac{(x-a)^2}{2} + M_B$ (x „ B „ „)

„ „ „ b: $M_x = V_B\,x + M_C$ (x „ C „ „)

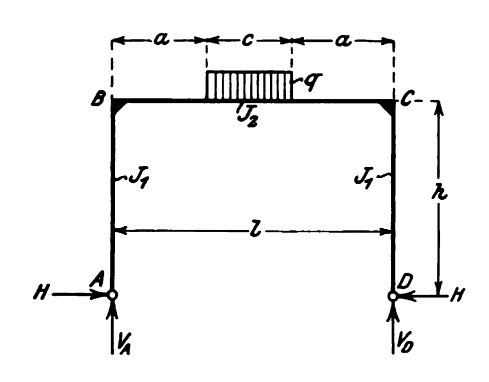
Gefährlicher Querschnitt: $x = a + \frac{V_A}{q}$

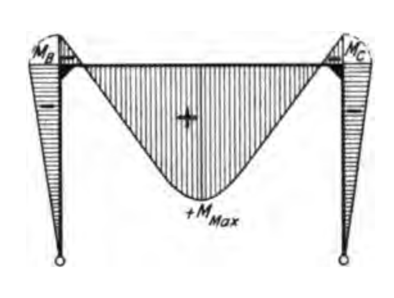
$$= a + \frac{c}{2\,l}\,(2\,b + c)$$

$$+M_{\max} = +\frac{q\,c\,(2\,b + c)}{2\,l}\left[a + \frac{c}{4\,l}\,(2\,b + c)\right] + M_B.$$

Zweistieliger Zweigelenkrahmen mit senkrechten Ständern und mit wagerechtem Querriegel.

Senkrechte, gleichmäßig verteilte, teilweise Streckenbelastung des Querriegels symmetrisch zur Mitte.





$$V_A = V_D = \frac{q\,c}{2} \qquad\qquad k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{h}{l}$$

$$H = \frac{q\,c\,(3\,l^2 - c^2)}{8\,h\,l\,(2\,k + 3)}$$

$$M_A = M_D = 0$$

$$M_B = M_C = -\frac{q\,c\,(3\,l^2 - c^2)}{8\,l\,(2\,k + 3)}.$$

Moment an einer beliebigen Stelle des Querriegels im Abstand x von B bezw. von C

für die Strecke a: $M_x = \frac{q\,c}{2} \cdot x + M_B$

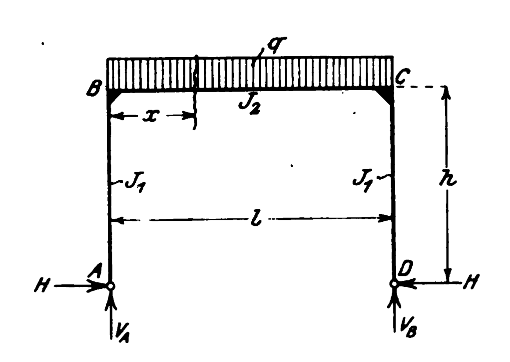
„ „ „ c: $M_x = \frac{q\,c}{2} \cdot x - q \cdot \frac{(x-a)^2}{2} + M_B.$

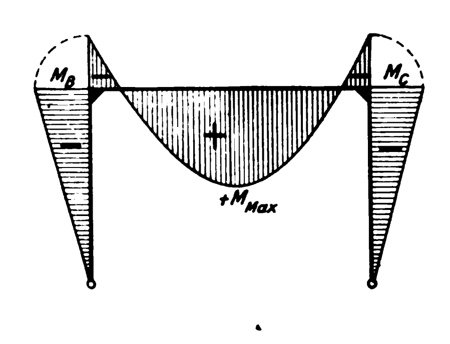
Gefährlicher Querschnitt: $x = \frac{l}{2}$

$$+ M_{\max} = + \frac{2\,k\,l\,(2\,l - c) + 3\,l^2 - 3\,c\,l + c^2}{l\,(2\,k + 3)} \cdot \frac{q\,c}{8}.$$

Zweistieliger Zweigelenkrahmen mit senkrechten Ständern und mit wagerechtem Querriegel.

Senkrechte, gleichmäßig verteilte, teilweise Streckenbelastung des Querriegels auf dessen ganze Länge.





$$V_A = V_B = \frac{q\,l}{2}$$

$$H = \frac{q\,l^2}{4\,h\,(2\,k+3)} \qquad k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{h}{l}$$

$$M_A = M_D = 0$$

$$M_B = M_C = -\frac{q\,l^2}{4\,(2\,k+3)}.$$

Moment an einer beliebigen Stelle des Querriegels im Abstand x von B

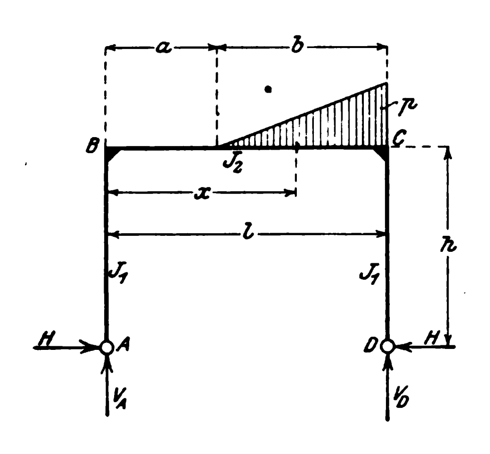
$$M_x = \frac{q\,l}{2} \cdot x - \frac{q\,x^2}{2} + M_B.$$

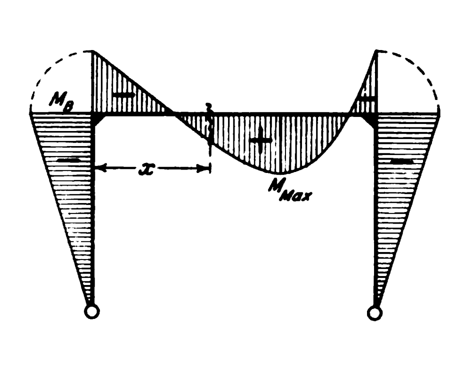
Gefährlicher Querschnitt in $x = \frac{l}{2}$

$$+M_{\max} = + \frac{2\,k+1}{2\,k+3} \cdot \frac{q\,l^2}{8}.$$

Zweistieliger Zweigelenkrahmen mit senkrechten Ständern und mit wagerechtem Querriegel.

Senkrechte, einseitig ansteigende, teilweise Dreieckbelastung des Querriegels mit Maximum in einer Rahmenecke.





$$V_A = \frac{b^2 p}{6\,l} \qquad\qquad k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{h}{l}$$

$$V_D = \frac{b\,p}{2} - \frac{b^2 p}{6\,l}$$

$$H = \frac{p}{8\,h\,l} \cdot \frac{b^2 l + b\,l^2 - b^3}{2\,k + 3}$$

$$M_A = M_D = 0$$

$$M_B = M_C = -\frac{p}{8\,l} \cdot \frac{b^2 l + b\,l^2 - b^3}{2\,k + 3}.$$

Moment an einer beliebigen Stelle des Querriegels im Abstand x von B

für die Strecke a: $M_x = \frac{b^2 p}{6\,l} \cdot x + M_B$

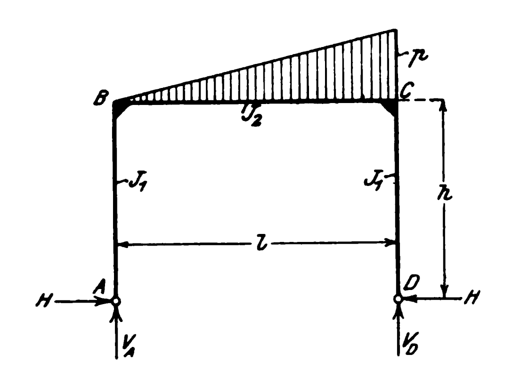
" " " b: $M_x = \frac{p}{6\,l\,b} \left[b^3 x - x^3 l + 3\,x^2 a\,l - 3\,x\,a^2 l + a^3 l\right] + M_B.$

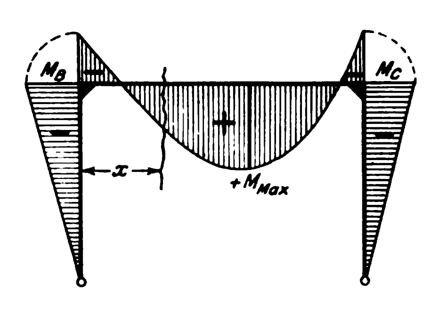
Gefährlicher Querschnitt: $x = a + b\sqrt{\frac{b}{3\,l}}$

$$+M_{\max} = +\frac{p\,b^2}{6\,l}\left(a + \frac{2}{3}\,b\sqrt{\frac{b}{3\,l}}\right) + M_B.$$

Zweistieliger Zweigelenkrahmen mit senkrechten Ständern und mit wagerechtem Querriegel.

Senkrechte, einseitig ansteigende Dreieckbelastung des Querriegels aus dessen ganze Länge.





$$V_A = \frac{p\,l}{6}$$

$$k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{h}{l}$$

$$V_D = \frac{p\,l}{3}$$

$$H = \frac{p\,l^2}{8\,h\,(2\,k + 3)}$$

$$M_A = M_D = 0$$

$$M_B = M_C = -\frac{p\,l^2}{8\,(2\,k + 3)}.$$

Moment an einer beliebigen Stelle des Querriegels im Abstand x von B

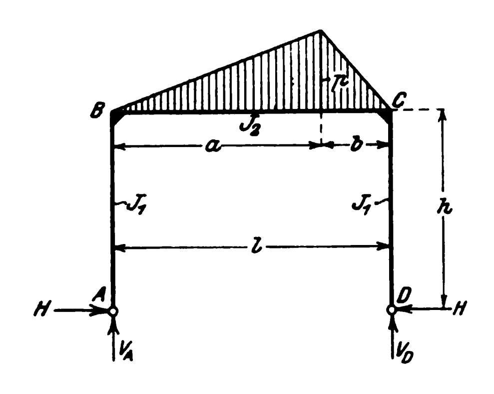
$$M_x = \frac{p\,l\,x}{6}\left(1 - \frac{x^2}{l^2}\right) + M_B.$$

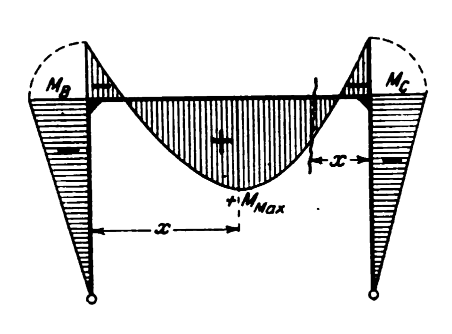
Gefährlicher Querschnitt: $x = \frac{l}{\sqrt{3}}$

$$+ M_{\max} = + \frac{p\,l^2}{27}\sqrt{3} + M_B.$$

Zweistieliger Zweigelenkrahmen mit senkrechten Ständern und mit wagerechtem Querriegel.

Senkrechte unsymmetrische Dreieckbelastung des Querriegels auf dessen ganze Länge.





$$V_A = \frac{p}{6}(b + l) \qquad k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{h}{l}$$

$$V_D = \frac{p}{6}(2l - b)$$

$$H = \frac{p(l^2 + lb - b^2)}{8h(2k + 3)}$$

$$M_A = M_D = 0$$

$$M_B = M_C = -\frac{p(l^2 + lb - b^2)}{8(2k + 3)}.$$

Moment an einer beliebigen Stelle des Querriegels im Abstand x von B

für die Strecke a: $M_x = \frac{p}{6}(b + l)x - \frac{px^3}{6a} + M_B.$

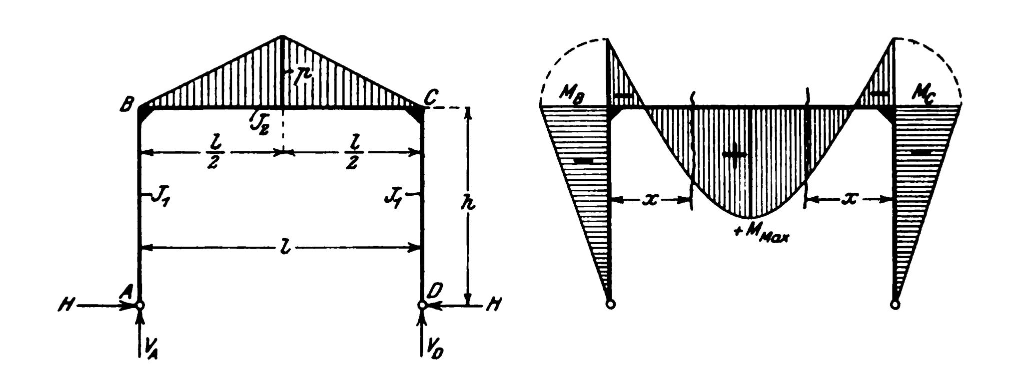
Gefährlicher Querschnitt: $x = \sqrt{\frac{l^2 - b^2}{3}}$

$$+M_{\max} = +\frac{p(b + l)}{9}\sqrt{\frac{l^2 - b^2}{3}} + M_B$$

für die Strecke b: $M_x = \frac{p}{6}(2l - b)x - \frac{px^3}{6b} + M_C$ (x von C aus gemessen).

Zweistieliger Zweigelenkrahmen mit senkrechten Ständern und mit wagerechtem Querriegel.

Senkrechte symmetrische Dreieckbelastung des Querriegels auf dessen ganze Länge.



$$V_A = V_D = \frac{p\,l}{4} \qquad\qquad k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{h}{l}$$

$$H = \frac{5\,p\,l^2}{32\,h\,(2\,k+3)}$$

$$M_A = M_D = 0$$

$$M_B = M_C = -\frac{5\,p\,l^2}{32\,(2\,k+3)}$$

Moment an einer beliebigen Stelle des Querriegels im Abstand x von B:

$$M_x = \frac{p\,l}{4} \cdot x - \frac{p\,x^3}{3\,l} + M_B.$$

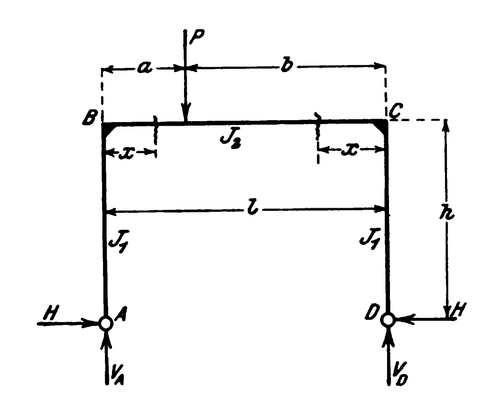
Gefährlicher Querschnitt: $x = \frac{l}{2}$

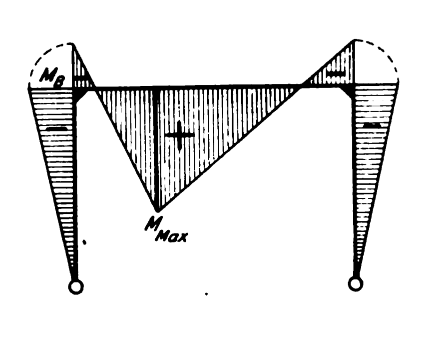
$$+M_{\max} = +\frac{p\,l^2}{12} + M_B$$

$$= \frac{16\,k+9}{2\,k+3} \cdot \frac{p\,l^2}{96}.$$

Zweistieliger Zweigelenkrahmen mit senkrechten Ständern und mit wagerechtem Querriegel.

Senkrechte Einzellast an beliebiger Stelle des Querriegels.





$$V_A = \frac{Pb}{l} \qquad k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{h}{l}$$

$$V_D = \frac{Pa}{l}$$

$$H = \frac{3\,Pab}{2\,hl\,(2\,k + 3)}$$

$$M_A = M_D = 0$$

$$M_B = M_C = -\frac{3}{2} \cdot \frac{Pab}{(2\,k + 3)\,l}\,.$$

Moment an einer beliebigen Stelle des Querriegels im Abstand x von B, bezw. von C

für die Strecke a: $M_x = \frac{Pb}{l} \cdot x + M_B$

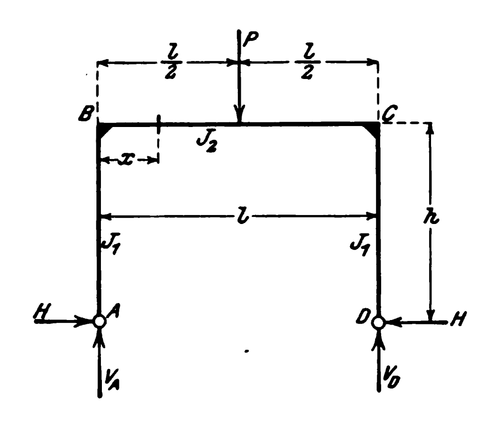
„ „ „ b: $M_x = \frac{Pa}{l} \cdot x + M_C$.

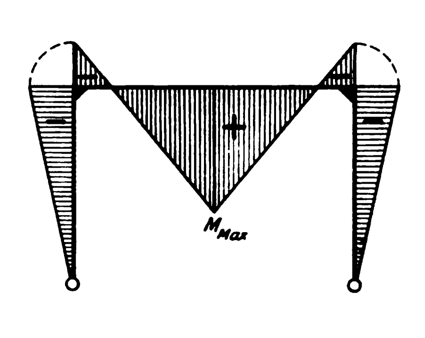
Gefährlicher Querschnitt: $x = a$

$$+ M_{\max} = + \frac{4\,k + 3}{2\,k + 3} \cdot \frac{Pab}{2\,l}\,.$$

Zweistieliger Zweigelenkrahmen mit senkrechten Ständern und mit wagerechtem Querriegel.

Senkrechte Einzellast in der Mitte des Querriegels.





$$V_A = V_D = \frac{P}{2}$$

$$k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{h}{l}$$

$$H = \frac{3\,P\,l}{8\,h\,(2\,k+3)}$$

$$M_A = M_D = 0$$

$$M_B = M_C = -\frac{3}{8} \cdot \frac{P\,l}{2\,k+3}.$$

Moment an einer beliebigen Stelle des Querriegels im Abstand x von B:

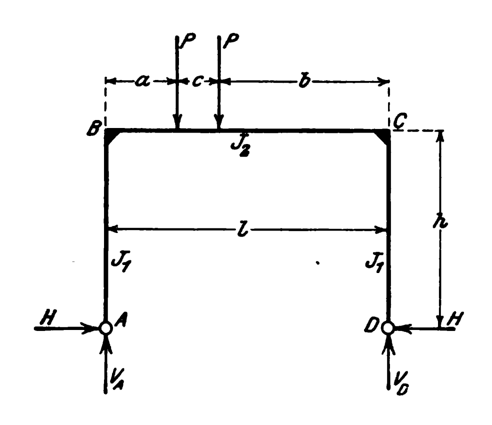
$$M_x = \frac{P}{2} \cdot x + M_B.$$

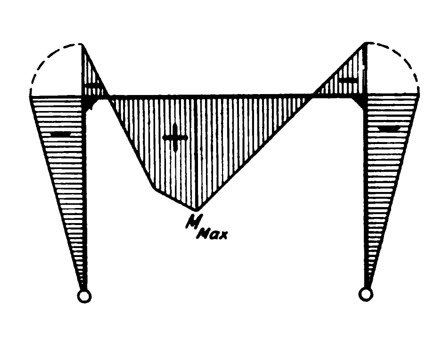
Gefährlicher Querschnitt: $x = \frac{l}{2}$

$$+M_{max} = +\frac{4\,k+3}{2\,k+3} \cdot \frac{P\,l}{8}.$$

Zweistieliger Zweigelenkrahmen mit senkrechten Ständern und mit wagerechtem Querriegel.

Zwei senkrechte Einzellasten an beliebigen Stellen des Querriegels.





$$k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{h}{l}$$

$$V_A = \frac{P}{l}(c + 2b)$$

$$V_D = \frac{P}{l}(c + 2a)$$

$$H = \frac{ac + 2ab + bc}{2k + 3} \cdot \frac{3P}{2hl}$$

$$M_A = M_D = 0$$

$$M_B = M_C = -\frac{3P}{2l} \cdot \frac{ac + 2ab + bc}{2k + 3}$$

Momente im Riegel Querriegel

für $x = a$ (x von B aus gemessen)

$$M = \frac{P}{l}(c + 2b)a + M_B$$

für $x = b$ (x von C aus gemessen)

$$M = \frac{P}{l}(c + 2a)b + M_C$$

Sonderfall $a = b$:

$$V_A = V_D = P$$

$$H = \frac{3Pa(a + c)}{hl(2k + 3)}$$

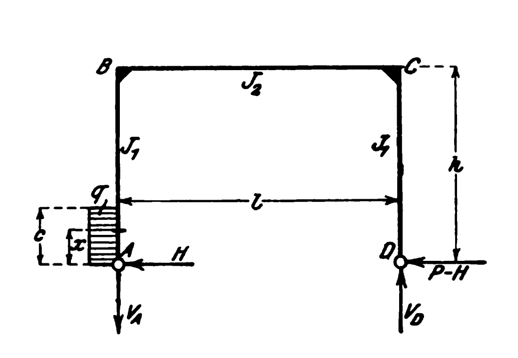
$$M_B = M_C = -\frac{3Pa(a + c)}{l(2k + 3)}$$

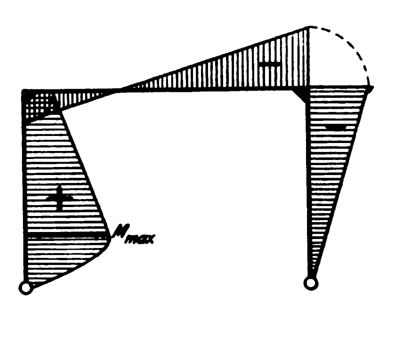
für $x = a$ (x von B aus gemessen)

$$+M = Pa + M_B.$$

Zweistieliger Zweigelenkrahmen mit senkrechten Ständern und mit wagerechtem Querriegel.

Wagerechte, gleichmäßig verteilte, teilweise Streckenbelastung am unteren Ende eines Ständers.





$$V_A = V_D = \frac{qc^2}{2l} \qquad k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{h}{l}$$

$$H = [k(16h^3 + c^3 - 6ch^2) + 6h^2(4h - c)] \frac{qc}{8h^3(2k+3)}.$$

Moment an einer beliebigen Stelle des Ständers AB

für die Strecke c: $\quad M_x = Hx - \frac{qx^2}{2}.$

Gefährlicher Querschnitt: $\quad x = \frac{H}{q}$

$$+M_{max} = +\frac{H^2}{2q}$$

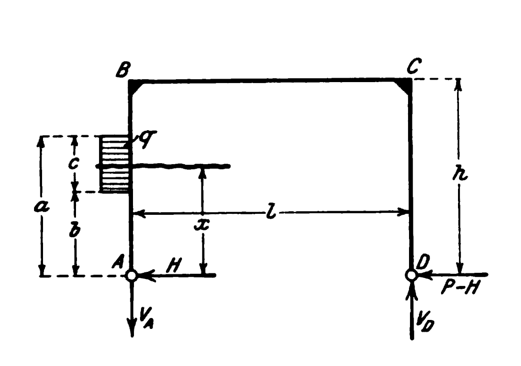
für die Strecke $(h-c)$: $\quad M_x = Hx - \frac{qc}{2}(2x - c)$

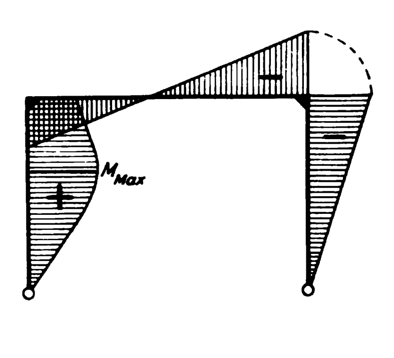
$$M_B = +Hh - \frac{qc}{2}(2h - c)$$

$$M_C = -[k(c^3 - 6ch^2) - 6h^2c] \frac{qc}{8h^2(2k+3)}.$$

Zweistieliger Zweigelenkrahmen mit senkrechten Ständern und mit wagerechtem Querriegel.

Wagerechte, gleichmäßig verteilte, teilweise Streckenbelastung eines Ständers in beliebiger Lage.





$$V_A = V_D = \frac{qc}{l}\left(b + \frac{c}{2}\right) \qquad k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{h}{l}$$

$$H = [k(16h^3c + a^4 - b^4 - 6a^2h^2 + 6b^2h^2) + 6h^2(4hc - a^2 + b^2)]\frac{q}{8h^3(2k+3)}.$$

Moment an einer beliebigen Stelle des Ständers AB

für die Strecke b: $\quad M_x = Hx$

" " " c: $\quad M_x = Hx - \frac{q}{2}(x - b)^2$

Gefährlicher Querschnitt $\quad x = b + \frac{H}{q}$

$$+ M_{\max} = + H\left(b + \frac{H}{2q}\right)$$

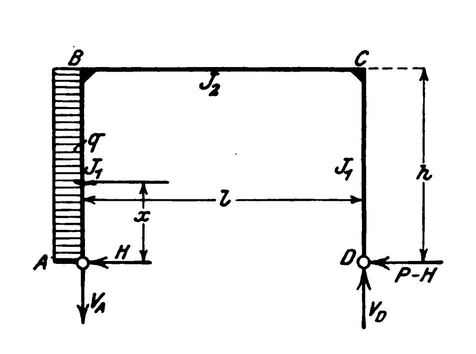
für die Strecke $(h - a)$: $\quad M_x = Hx - \frac{qc}{2}(2x - 2b - c)$

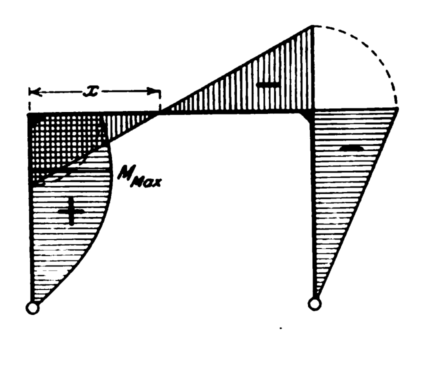
$$M_B = Hh - \frac{qc}{2}(2h - 2b - c)$$

$$M_C = -[k(a^4 - b^4 - 6a^2h^2 + 6b^2h^2) + 6h^2(a^2 - b^2)]\frac{q}{8h^2(2k+3)}.$$

Zweistieliger Zweigelenkrahmen mit senkrechten Ständern und mit wagerechtem Querriegel.

Wagerechte, gleichmäßig verteilte Belastung eines Ständers auf dessen ganze Höhe.





$$V_A = V_D = \frac{q h^2}{2\,l} \qquad k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{h}{l}.$$

$$H = \frac{11\,k + 18}{2\,k + 3} \cdot \frac{q h}{8}.$$

Moment an einer beliebigen Stelle des Ständers AB:

$$M_x = Hx - \frac{q x^2}{2}.$$

Gefährlicher Querschnitt: $x = \frac{h}{8} \cdot \frac{11\,k + 18}{2\,k + 3}$

$$+ M_{\max} = \frac{q}{2} \left(\frac{h}{8} \cdot \frac{11\,k + 18}{2\,k + 3} \right)^2$$

$$M_B = + \frac{3\,q h^2 (k + 2)}{8\,(2\,k + 3)}$$

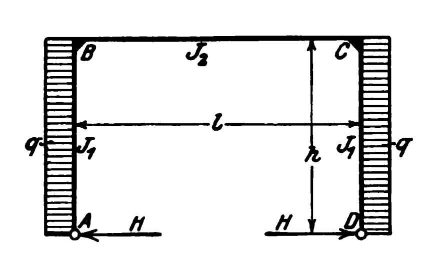
$$M_C = - \frac{q h^2}{8} \cdot \frac{5\,k + 6}{2\,k + 3}.$$

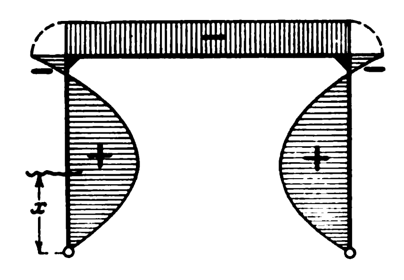
Momentennullpunkt x_0 im Querriegel:

$$x = \frac{3}{4} \cdot \frac{k + 2}{2\,k + 3} \cdot l.$$

Zweistieliger Zweigelenkrahmen mit senkrechten Ständern und mit wagerechtem Querriegel.

Wagerechte, gleichmäßig verteilte Belastung beider Ständer auf deren ganze Höhe.





$$V_A = V_D = 0 \qquad k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{h}{l}$$

$$H = \frac{3}{4}\, q h \cdot \frac{k+2}{2k+3}.$$

Moment an einer beliebigen Stelle des Ständers im Abstand x von A, bezw. von D:

$$M_x = Hx - \frac{qx^2}{2}$$

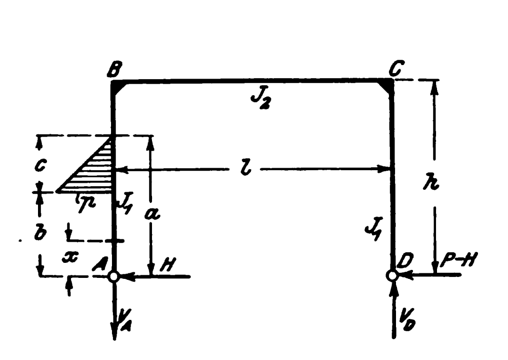
$$M_B = -\frac{qh^2}{4} \cdot \frac{k}{2k+3} = M_C.$$

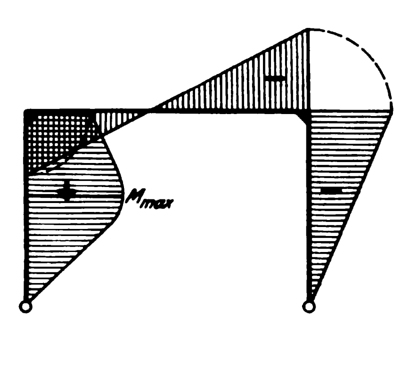
Moment an einer beliebigen Stelle des Querriegels:

$$M_x = -\frac{qh^2}{4} \cdot \frac{k}{2k+3}.$$

Zweistieliger Zweigelenkrahmen mit senkrechten Ständern und mit wagerechtem Querriegel.

Wagerechte, teilweise Dreieckbelastung eines Ständers an beliebiger Stelle.





$$P = \frac{p\,c}{2} \qquad\qquad k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{h}{l}$$

$$V_A = V_D = \frac{p\,c}{6\,l}(3\,b + c)$$

$$H =$$

$$\left\{k\left[2\,h^3(a^2 + b^2) - 4\,h^3 a\,b + \frac{a^5}{20} + \frac{b^5}{5} - \frac{a\,b^4}{4} - \frac{a^3 h^2}{2} + \frac{3}{2}\,a\,h^2 b^2 - h^2 b^3\right]\right.$$
$$\left. + h^2\left(3\,ha^2 - 6\,ahb + \frac{3}{2}\,ab^2 + 3\,hb^2 - \frac{a^3}{2} - b^3\right)\right\}\frac{p}{2\,h^3 c\,(2\,k + 3)}.$$

Moment an einer beliebigen Stelle des Ständers AB

für die Strecke b: $M_x = Hx$

„ „ „ c: $M_x = Hx - \frac{p}{6\,c}(x - b)^2(3\,c - x + b)$

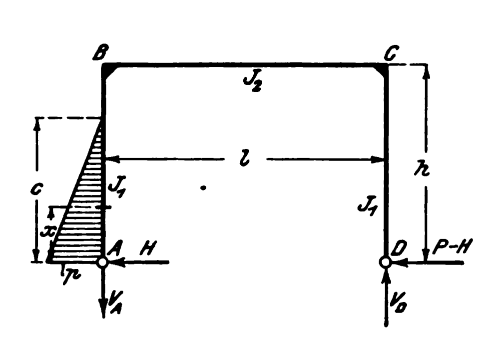
„ „ „ $(h - a)$: $M_x = Hx - \frac{p\,c}{2}\left(x - a + \frac{2}{3}\,c\right)$

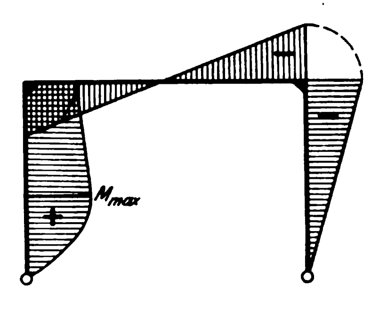
$$M_B = Hh - \frac{p\,c}{2}\left(h - a + \frac{2}{3}\,c\right)$$

$$M_C = -\left(\frac{p\,c}{2} - H\right)h.$$

Zweistieliger Zweigelenkrahmen mit senkrechten Ständern und mit wagerechtem Querriegel.

Wagerechte, teilweise Dreieckbelastung am unteren Ende eines Ständers.





$$P = \frac{p\,c}{2}$$

$$k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{h}{l}$$

$$V_A = V_D = \frac{p\,c^2}{6\,l}$$

$$H = [k\,(40\,h^3 + c^3 - 10\,ch^2) + 60\,h^3 - 10\,ch^2]\,\frac{c\,p}{40\,h^3\,(2\,k + 3)}\,.$$

Moment an einer beliebigen Stelle des Ständers $A\,B$

für die Strecke c: $\quad M_x = H\,x - \dfrac{p}{6\,c}\,x^2\,(3\,c - x)$

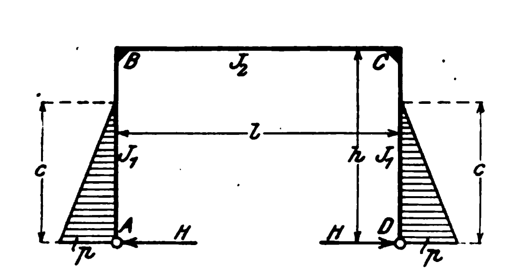
„ „ „ $(h - c)$: $\quad M_x = H\,x - \dfrac{p\,c}{6}\,(3\,x - c)$

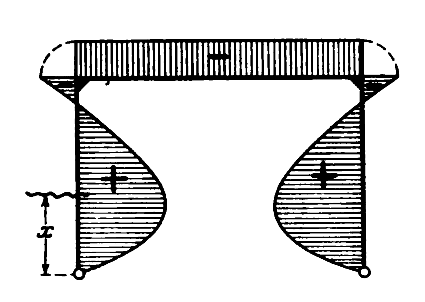
$$M_B = H\,h - \frac{p\,c}{6}\,(3\,h - c)$$

$$M_C = -\left(\frac{p\,c}{2} - H\right)h.$$

Zweistieliger Zweigelenkrahmen mit senkrechten Ständern und mit wagerechtem Querriegel.

Wagerechte, teilweise Dreieckbelastung beider Ständer mit Maxima in den Fußgelenken.





$V_A = V_D = 0$ $\qquad\qquad$ $k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{h}{l}$

$$H = \frac{p\,c}{20\,h^3\,(2\,k+3)}\,[k\,(20\,h^3 + c^3 - 10\,c h^2) + 30\,h^3 - 10\,c h^2].$$

Moment an einer beliebigen Stelle des Ständers im Abstand x von A, bezw. von D

für die Strecke c: $\quad M_x = H\,x - \frac{p}{6\,c} \cdot x^2\,(3\,c - x)$

„ „ „ $(h - c)$: $\quad M_x = H\,x - \frac{p\,c}{6}\,(3\,x - c)$

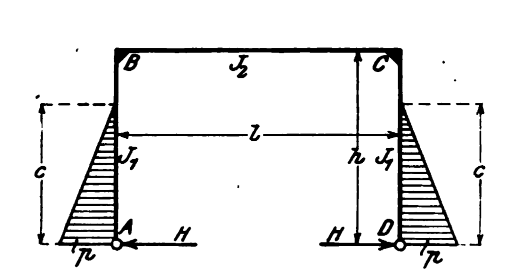
$$M_B = M_C = H\,h - \frac{p\,c}{6}\,(3\,h - c).$$

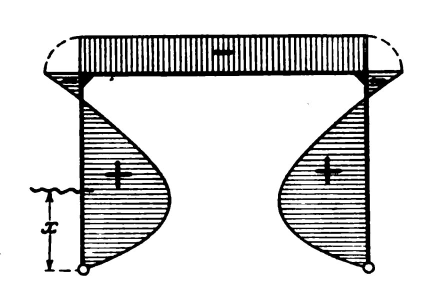
Moment an einer beliebigen Stelle des Querriegels:

$$M_x = H\,h - \frac{p\,c}{6}\,(3\,h - c).$$

Zweistieliger Zweigelenkrahmen mit senkrechten Ständern und mit wagerechtem Querriegel.

Wagerechte, teilweise Dreieckbelastung beider Ständer mit Maxima in den Fußgelenken.





$$V_A = V_D = 0 \qquad k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{h}{l}$$

$$H = \frac{p\,c}{20\,h^3\,(2\,k+3)}\,[k\,(20\,h^3 + c^3 - 10\,c\,h^2) + 30\,h^3 - 10\,c\,h^2].$$

Moment an einer beliebigen Stelle des Ständers im Abstand x von A, bezw. von D

für die Strecke c: $$M_x = H\,x - \frac{p}{6\,c} \cdot x^2\,(3\,c - x)$$

„ „ „ $(h-c)$: $$M_x = H\,x - \frac{p\,c}{6}\,(3\,x - c)$$

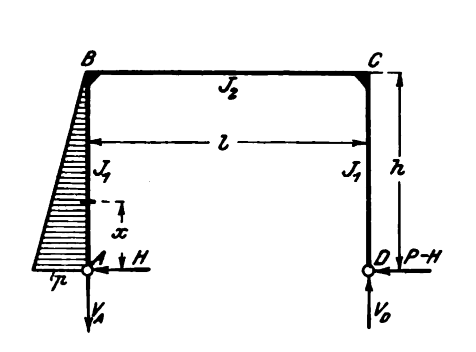
$$M_B = M_C = H\,h - \frac{p\,c}{6}\,(3\,h - c).$$

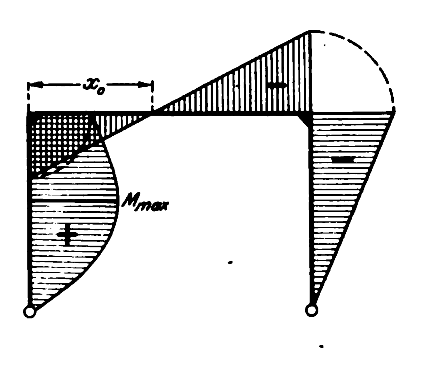
Moment an einer beliebigen Stelle des Querriegels:

$$M_x = H\,h - \frac{p\,c}{6}\,(3\,h - c).$$

Zweistieliger Zweigelenkrahmen mit senkrechten Ständern und mit wagerechtem Querriegel.

Wagerechte Dreieckbelastung auf die ganze Höhe des Ständers.





$$V_A = V_D = \frac{p\,h^2}{6\,l} \qquad k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{h}{l}$$

$$H = \frac{31\,k + 50}{2\,k + 3} \cdot \frac{p\,h}{40}.$$

Moment an einer beliebigen Stelle des Ständers AB

$$M_x = H\,x - \frac{p}{6\,h}\,x^2\,(3\,h - x)$$

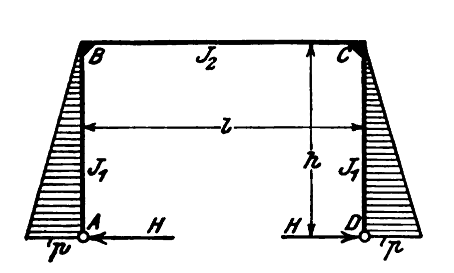
$$M_B = + \frac{p\,h^2}{120} \cdot \frac{13\,k + 30}{2\,k + 3}$$

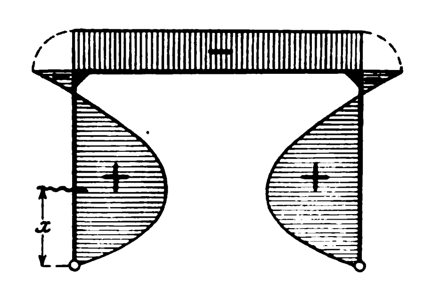
$$M_C = - \frac{p\,h^2}{40} \cdot \frac{9\,k + 10}{2\,k + 3}.$$

Momentennullpunkt im Querriegel $x_0 = \frac{l}{20} \cdot \frac{13\,k + 30}{2\,k + 3}.$

Zweistieliger Zweigelenkrahmen mit senkrechten Ständern und mit wagerechtem Querriegel.

Wagerechte Dreieckbelastung auf die ganze Höhe beider Ständer mit Maxima in den Fußgelenken.





$$V_A = V_D = 0 \qquad k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{h}{l}$$

$$H = \frac{p\,h}{20} \cdot \frac{11\,k + 20}{2\,k + 3}.$$

Moment an einer beliebigen Stelle des Ständers im Abstand x von A, bezw. von D:

$$M_x = H x - \frac{p}{6\,h} \cdot x^2 (3\,h - x)$$

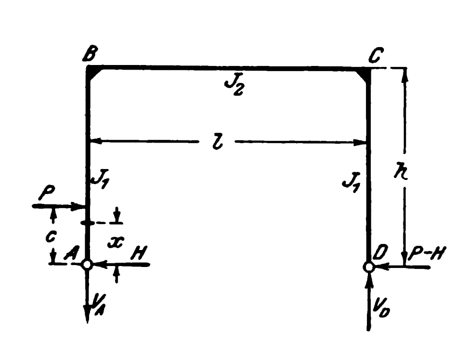
$$M_B = M_C = -\frac{p\,h^2}{60} \cdot \frac{7\,k}{2\,k + 3}.$$

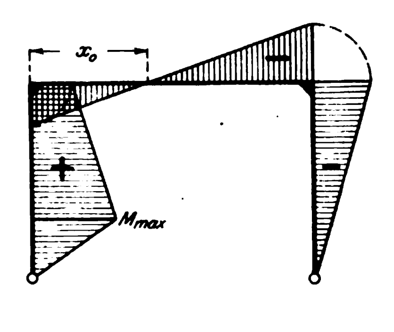
Moment an einer beliebigen Stelle des Querriegels:

$$M_x = -\frac{p\,h^2}{60} \cdot \frac{7\,k}{2\,k + 3}.$$

Zweistieliger Zweigelenkrahmen mit senkrechten Ständern und mit wagerechtem Querriegel.

Wagerechte Einzellast an beliebiger Stelle eines Ständers.





$$V_A = V_D = \frac{Pc}{l} \qquad k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{h}{l}$$

$$H = \frac{k\,[4\,h^3 + c^3 - 3\,c h^2] + 6\,h^3 - 3\,c h^2}{h^3\,(2\,k + 3)} \cdot \frac{P}{2}.$$

Moment an einer beliebigen Stelle des Ständers AB

für die Strecke c: $\quad M_x = Hx$

„ „ „ $(h - c)$: $\quad M_x = Hx - P(x - c)$

$$M_B = \frac{k\,(h^2 + c^2) + 3\,h^2}{2\,h^2\,(2\,k + 3)} \cdot Pc.$$

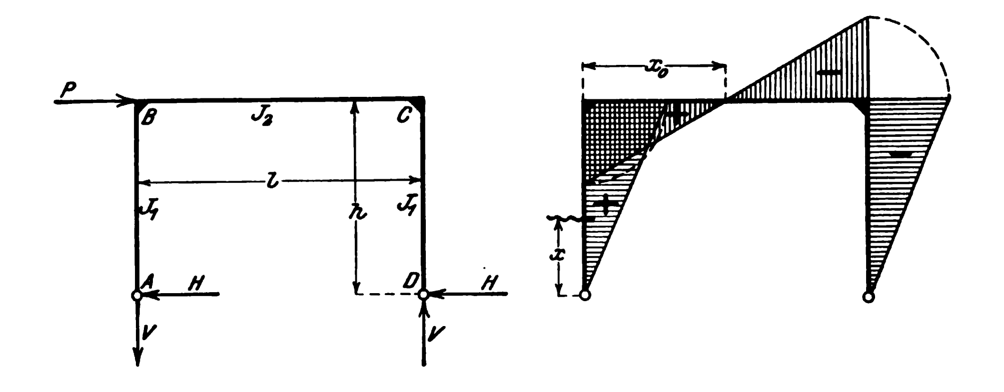
$$M_C = \frac{k\,(c^2 - 3\,h^2) - 3\,h^2}{2\,h^2\,(2\,k + 3)} \cdot Pc.$$

Momentennullpunkt im Riegel im Abstand x_0 von B

$$x_0 = \frac{k\,(h^2 + c^2) + 3\,h^2}{2\,h^2\,(2\,k + 3)} \cdot l.$$

Zweistieliger Zweigelenkrahmen mit senkrechten Ständern und mit wagerechtem Querriegel.

Wagerechte Einzellast in einer Rahmenecke.



$$V = \frac{Ph}{l}$$

$$k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{h}{l}$$

$$H = \frac{P}{2}.$$

Moment an einer beliebigen Stelle des Ständers im Abstand x von A, bezw. von D

$$M_x = \pm Hx$$

$$M_B = \frac{P}{2} \cdot h = -M_C.$$

Momentennullpunkt: $x_0 = \frac{l}{2}.$

Fortsetzung.

II. Zweistielige Rahmen

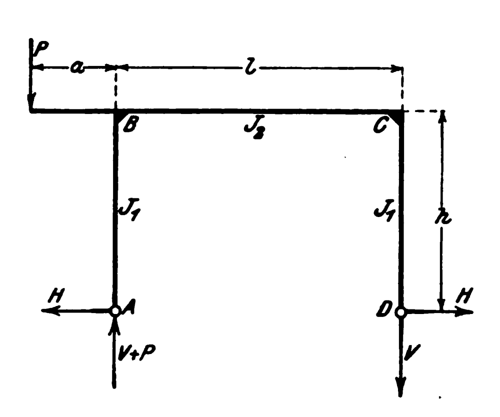
mit senkrechten Ständern und mit wagerechtem Querriegel.

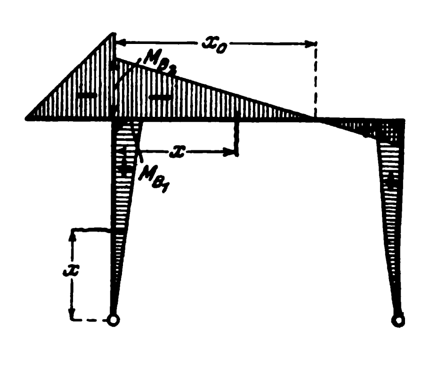
b. Zweigelenkrahmen mit Auskragungen und Konsolen.

4 Fälle.

Zweistieliger Zweigelenkrahmen mit Auskragungen und Konsolen.

Wagerechte Auskragung des Querriegels mit senkrechter Einzellast am Ende der Auskragung.





$$V = -\frac{M_k}{l} \qquad k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{h}{l}$$

$$H = -\frac{3\,M_k}{2\,h\,(2\,k+3)} \quad (M_k = \text{Kragmoment} = -P\,a).$$

Moment an einer beliebigen Stelle des Ständers im Abstand x von A, bezw. von D:

$$M_x = +H\,x$$

$$M_{B_1} = M_C = -\frac{3\,M_k}{2\,(2\,k+3)} = +H\,h$$

$$M_{B_2} = M_k + M_{B_1}.$$

Moment an einer beliebigen Stelle des Querriegels im Abstand x von B:

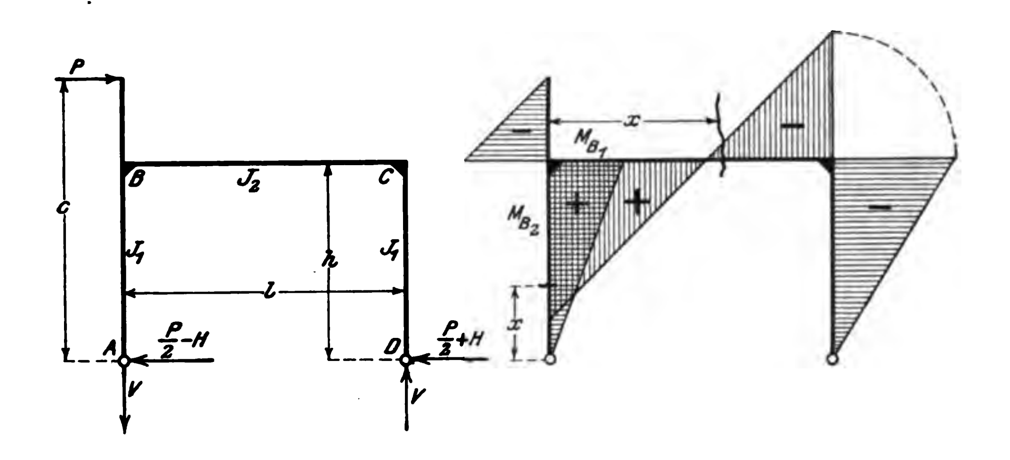
$$M_x = -\frac{M_k}{2\,l\,(2\,k+3)}\,[4\,k\,(x-l) + 3\,(2\,x-l)].$$

Nullpunkt im Querriegel im Abstand x_0 von B:

$$x_0 = \frac{l}{2} \cdot \frac{4\,k+3}{2\,k+3}.$$

Zweistieliger Zweigelenkrahmen mit Auskragungen und Konsolen.

Senkrechte Verlängerung eines Ständers mit wagerechter Einzellast am Ende der Verlängerung.



$$V = \frac{Pc}{l} \qquad k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{h}{l}$$

$$H = \frac{3P(c-h)}{2h(2k+3)}.$$

Moment an einer beliebigen Stelle des Ständers im Abstand x von A bezw. von D:

$$M_x = \left(\frac{P}{2} - H\right)x$$

$$M_{B_1} = \left(\frac{P}{2} - H\right)h$$

$$M_{B_2} = Pc - \left(\frac{P}{2} + H\right)h.$$

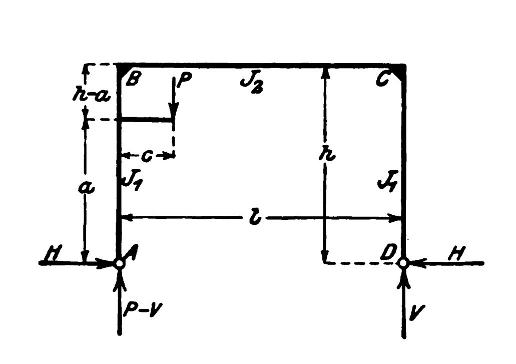
Moment an einer beliebigen Stelle des Querriegels im Abstand x von B:

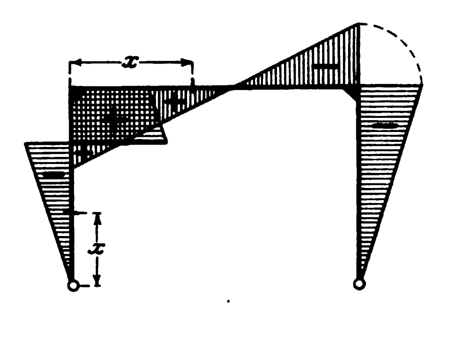
$$M_x = \frac{Pc}{l}(l-x) - \left(\frac{P}{2} + H\right)h$$

$$M_C = -\left(\frac{P}{2} + H\right)h.$$

Zweistieliger Zweigelenkrahmen mit Auskragungen und Konsolen.

Konsolauskragung eines Ständers mit senkrechter Einzellast am Ende der Konsole.





$$V = \frac{Pc}{l}$$

$$k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{h}{l}$$

$$H = 3\,Pc \cdot \frac{k\,(h^2 - a^2) + h^2}{2\,h^3\,(2\,k + 3)}.$$

Moment an einer beliebigen Stelle des Ständers im Abstand x von A bezw. von D

für die Strecke a: $M_x = -Hx$

„ „ „ $(h-a)$: $M_x = Pc - Hx$

$M_B = Pc - Hh.$

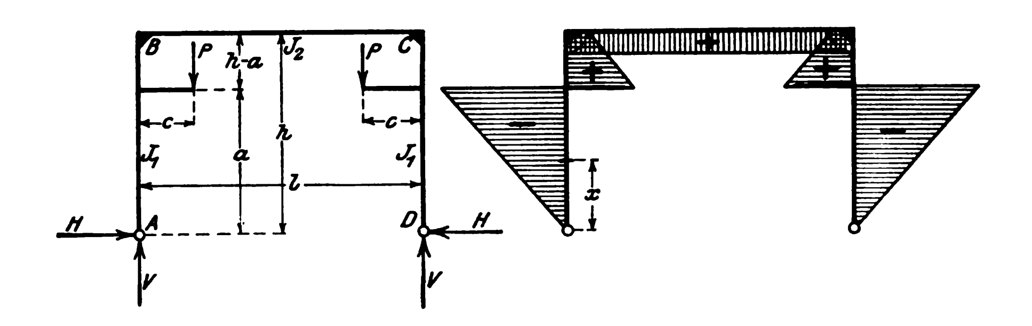
Moment an einer beliebigen Stelle des Querriegels im Abstand x von B:

$$M_x = \frac{Pc}{l}(l - x) - Hh$$

$$M_C = -Hh.$$

Zweistieliger Zweigelenkrahmen mit Auskragungen und Konsolen.

Konsolauskragungen beider Ständer in gleicher Höhe mit senkrechten Einzellasten an den Enden beider Auskragungen.



$V = P$

$k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{h}{l}$

$H = 3\,Pc \cdot \frac{k\,(h^2 - a^2) + h^2}{h^3\,(2\,k + 3)}$.

Moment an einer beliebigen Stelle des Ständers im Abstand x von A bezw. von D

für die Strecke a: $M_x = -Hx$

" " " $(h - a)$: $M_x = Pc - Hx$

$M_B = M_C = Pc - Hh$.

Moment im Riegel wird positiv für $a > 0{,}577\,h \left(= \frac{h}{\sqrt{3}}\right)$

" " " " null " $a = 0{,}577\,h$

" " " " negativ " $a < 0{,}577\,h$.

Fortsetzung.

II. Zweistielige Rahmen

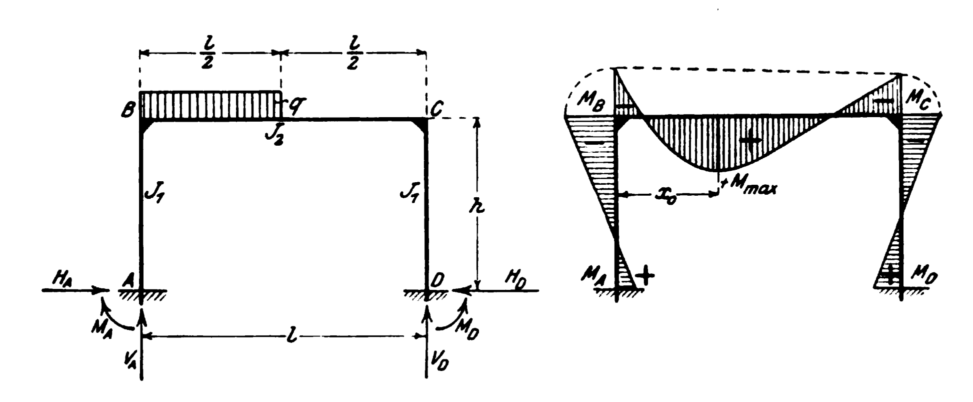
mit senkrechten Ständern und mit wagerechtem Querriegel.

c. Eingespannte Rahmen.

13 Fälle.

Eingespannter zweistieliger Rahmen mit senkrechten Ständern und mit wagerechtem Querriegel.

Senkrechte, gleichmäßig verteilte, teilweise Streckenbelastung bis zur Mitte des Querriegels.



$$V_A = \frac{ql}{32} \cdot \frac{13 + 72k}{1 + 6k} = \frac{ql}{2} - V_D \qquad k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{h}{l}$$

$$V_D = \frac{3\,ql}{32} \cdot \frac{1 + 8k}{1 + 6k}$$

$$H_A = H_D = \frac{ql^2}{8h(2 + k)}$$

$$M_A = \frac{ql^2}{192} \cdot \frac{2 + 45k}{(2 + k)(1 + 6k)}$$

$$M_D = \frac{ql^2}{192} \cdot \frac{14 + 51k}{(2 + k)(1 + 6k)}$$

$$M_B = M_A - H_A h$$

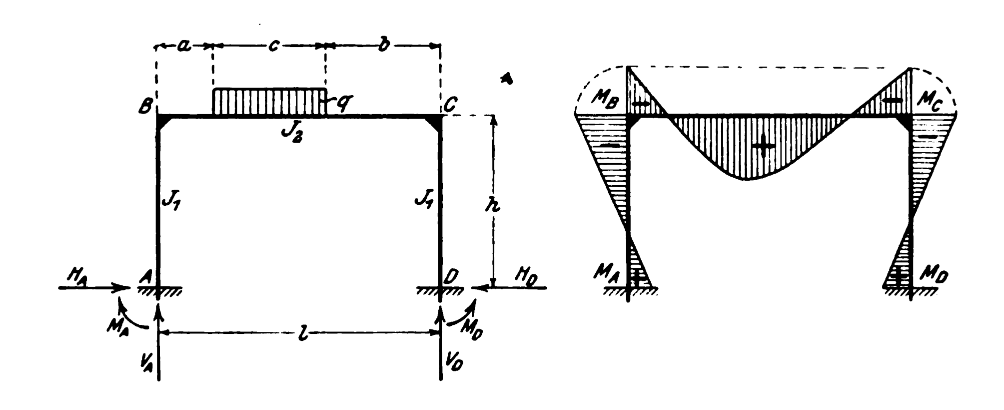
$$M_C = M_D - H_A h.$$

Maximalmoment des Querriegels im Abstand x_0 von B:

$$x_0 = \frac{13 + 72k}{1 + 6k} \cdot \frac{l}{32} = \frac{V_A}{q}.$$

Eingespannter zweistieliger Rahmen mit senkrechten Ständern und mit wagerechtem Querriegel.

Senkrechte, gleichmäßig verteilte, teilweise Streckenbelastung des Querriegels in beliebiger Lage.



$$k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{h}{l}$$

$$V_A = \frac{qc}{l^3(1+6k)}\left[3abc + b^2(3l-2b) + c^2\left(l+b-\frac{c}{2}\right) + 3l^2(2b+c)k\right]$$

$$V_D = qc - V_A$$

$$H_A = H_D = \frac{qc}{4hl(2+k)}(6ab + 3cl - 2c^2)$$

$$M_A = \frac{q}{4l^2(2+k)(1+6k)}\left[6abcl + 4a^2c^2 + 8ab^2c + \frac{10}{3}\cdot c^3 l - c^2l^2 - 2c^4\right.$$
$$\left. + (14abcl + 2a^2c^2 - 4ab^2c - 2c^3l + 5c^2l^2 - c^4)k\right]$$

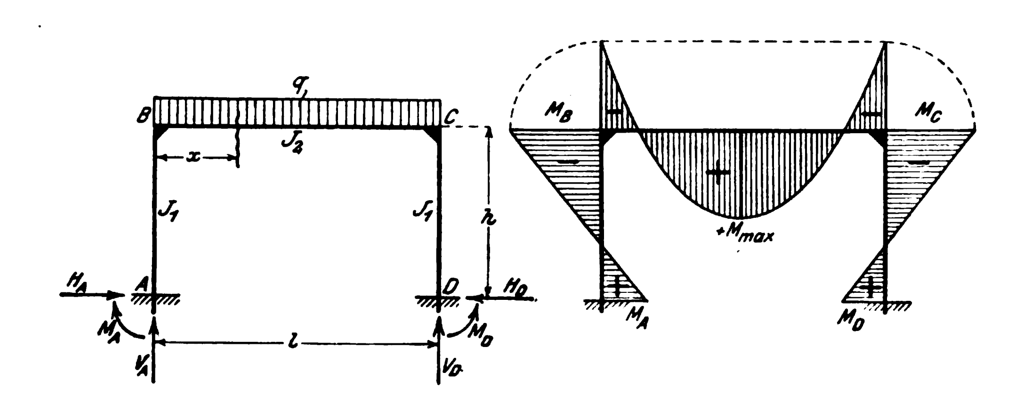
$$M_D = \frac{q}{4l^2(2+k)(1+6k)}\left[6abcl + 4b^2c^2 + 8a^2bc + \frac{10}{3}\cdot c^3 l - c^2l^2 - 2c^4\right.$$
$$\left. + (14abcl + 2b^2c^2 - 4a^2bc - 2c^3l + 5c^2l^2 - c^4)k\right]$$

$$M_B = M_A - H_A h$$

$$M_C = M_D - H_A h.$$

Eingespannter zweistieliger Rahmen mit senkrechten Ständern und mit wagerechtem Querriegel.

Senkrechte, gleichmäßig verteilte Belastung des Querriegels auf die ganze Länge.



$$V_A = V_D = \frac{ql}{2} \qquad k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{h}{l}$$

$$H_A = H_D = \frac{q l^2}{4h(2+k)}$$

$$M_A = M_D = \frac{q l^2}{12(2+k)}$$

$$M_B = M_C = -\frac{q l^2}{6(2+k)}.$$

Moment an einer beliebigen Stelle des Querriegels im Abstand x von B:

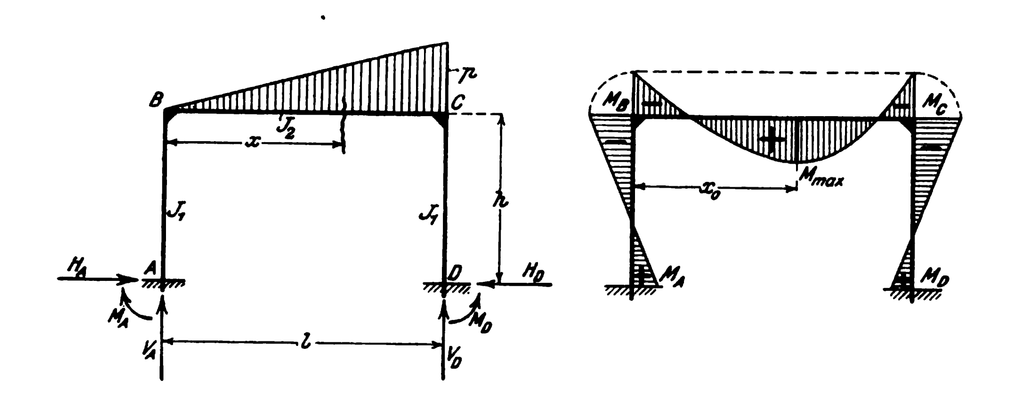
$$M_x = \frac{qx}{2}(l-x) - \frac{q l^2}{6(2+k)}.$$

Maximalmoment im Querriegel:

$$+M_{max} = \frac{q l^2}{8} - \frac{q l^2}{6(2+k)} = \frac{q l^2}{24} \cdot \frac{2+3k}{2+k}.$$

Eingespannter zweistieliger Rahmen mit senkrechten Ständern und mit wagerechtem Querriegel.

Senkrechte, einseitig ansteigende Dreieckbelastung des Querriegels auf dessen ganze Länge.



$$V_A = \frac{p\,l}{20} \cdot \frac{3 + 20\,k}{1 + 6\,k} \qquad\qquad k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{h}{l}$$

$$V_D = \frac{p\,l}{20} \cdot \frac{7 + 40\,k}{1 + 6\,k}$$

$$H_A = H_D = \frac{p\,l^2}{8\,h\,(2 + k)}$$

$$M_A = \frac{p\,l^2}{120} \cdot \frac{7 + 31\,k}{(2 + k)\,(1 + 6\,k)}$$

$$M_D = \frac{p\,l^2}{120} \cdot \frac{3 + 29\,k}{(2 + k)\,(1 + 6\,k)}$$

$$M_B = M_A - H_A\,h$$

$$M_C = M_D - H_A\,h.$$

Moment an einer beliebigen Stelle des Querriegels im Abstand x von B:

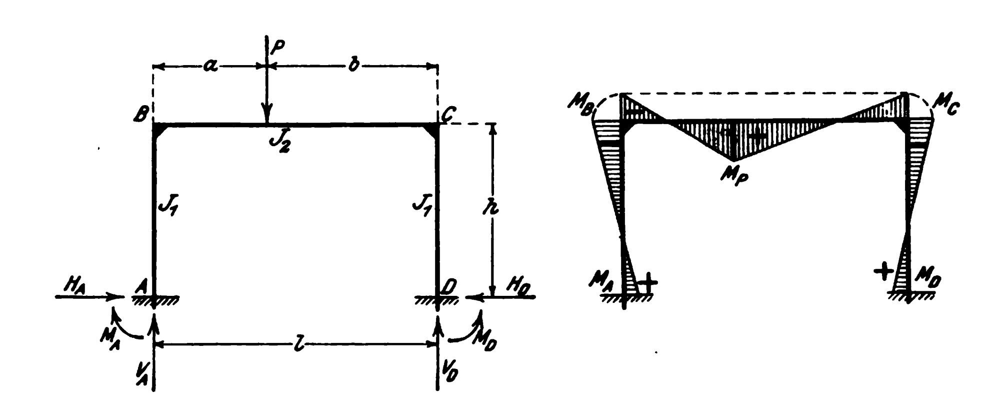
$$M_x = M_B + V_A\,x - \frac{p\,x^3}{6\,l}.$$

Maximalmoment des Querriegels im Abstand x_0 von B:

$$x_0 = l\sqrt{\frac{0{,}3 + 2\,k}{1 + 6\,k}}\,.$$

Eingespannter zweistieliger Rahmen mit senkrechten Ständern und mit wagerechtem Querriegel.

Senkrechte Einzellast an beliebiger Stelle des Querriegels.



$$V_A = \frac{P b}{l} \cdot \frac{1 + \delta - 2\delta^2 + 6k}{1 + 6k} \qquad k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{h}{l}$$

$$V_D = \frac{P a}{l} \cdot \frac{3\delta - 2\delta^2 + 6k}{1 + 6k} \qquad \delta = \frac{a}{l}$$

$$H_A = H_D = \frac{3 P a b}{2 h l (2 + k)}$$

$$M_A = \frac{a b P}{2 l} \cdot \frac{5k - 1 + 2\delta (2 + k)}{(2 + k)(1 + 6k)}$$

$$M_D = \frac{a b P}{2 l} \cdot \frac{3 + 7k - 2\delta (2 + k)}{(2 + k)(1 + 6k)}$$

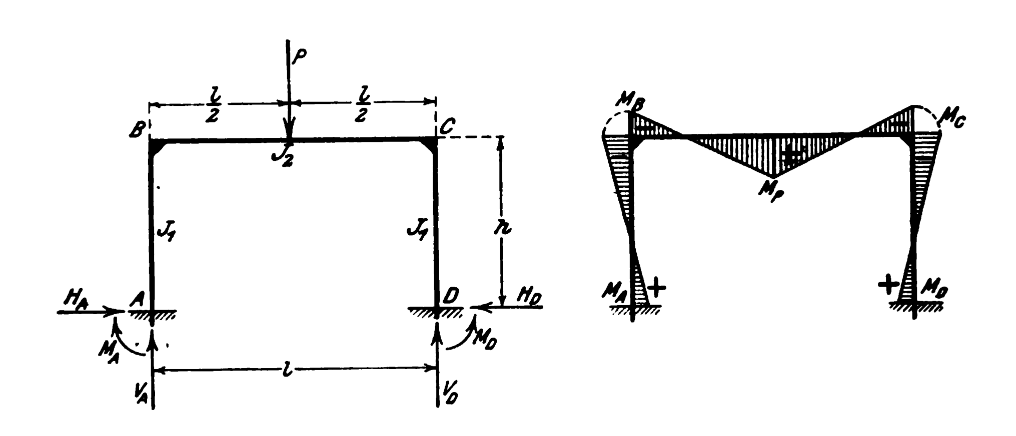
$$M_B = M_A - H_A h$$

$$M_C = M_D - H_A h$$

$$M_P = M_A - H_A h + V_A a.$$

Eingespannter zweistieliger Rahmen mit senkrechten Ständern und mit wagerechtem Querriegel.

Senkrechte Einzellast in der Mitte des Querriegels.



$$V_A = V_D = \frac{P}{2} \qquad k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{h}{l}$$

$$H_A = H_D = \frac{3\,P\,l}{8\,h\,(2+k)}$$

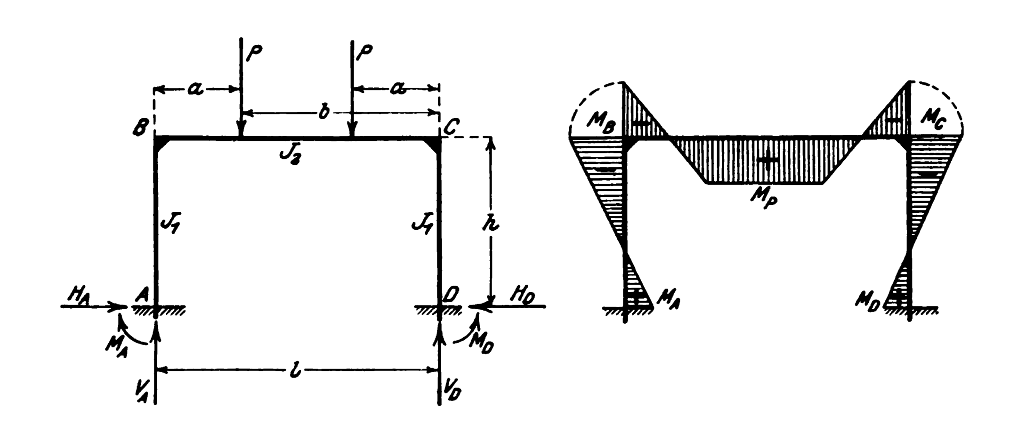
$$M_A = M_D = \frac{P\,l}{8\,(2+k)} = H_A \cdot \frac{h}{3}$$

$$M_B = M_C = -\frac{P\,l}{4\,(2+k)} = -H_A \cdot \frac{2\,h}{3}$$

$$M_P = \frac{P\,l}{4} + M_B = \frac{P\,l}{4} \cdot \frac{1+k}{2+k}.$$

Eingespannter zweistieliger Rahmen mit senkrechten Ständern und mit wagerechtem Querriegel.

Zwei senkrechte Einzellasten symmetrisch zur Mitte des Querriegels.



$$V_A = V_D = P \qquad k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{h}{l}$$

$$H_A = H_D = \frac{3\,Pab}{hl\,(2+k)}$$

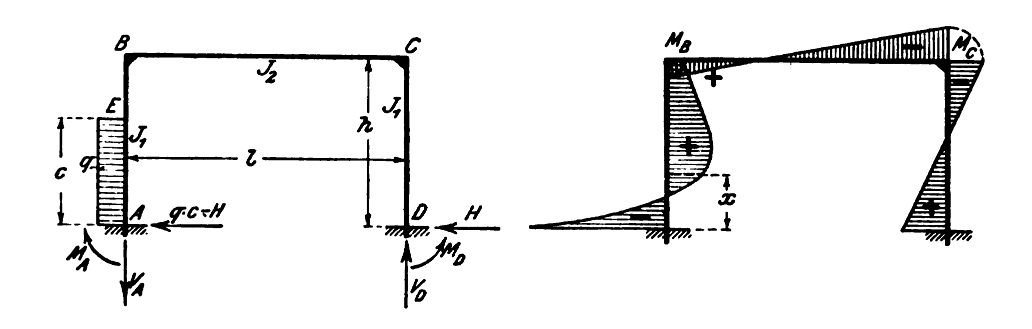
$$M_A = M_D = \frac{Pab}{l\,(2+k)} = H_A \cdot \frac{h}{3}$$

$$M_B = M_C = -\frac{2\,Pab}{l\,(2+k)} = -\,H_A \cdot \frac{2\,h}{3}$$

$$M_P = Pa + M_B.$$

Eingespannter zweistieliger Rahmen mit senkrechten Ständern und mit wagerechtem Querriegel.

Wagerechte, gleichmäßig verteilte teilweise Streckenbelastung am unteren Ende eines Ständers.



$$V_A = V_D = \frac{q\,c^2\,\delta\,k}{l\,(1+6\,k)} \qquad \delta = \frac{c}{h}$$

$$H = \frac{q\,c\,\delta^2}{8} \cdot \frac{4\,(1+k) - \delta\,(1+2\,k)}{2+k} \qquad k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{h}{l}.$$

Momente:

$$M_A = -\frac{q\,c^2\,\delta}{24}\left[\frac{12}{\delta} - \frac{4\,(3+2\,k) - 3\,\delta\,(1+k)}{2+k} - \frac{12\,k}{1+6\,k}\right]$$

$$M_D = +\frac{q\,c^2\,\delta}{24}\left[+\frac{4\,(3+2\,k) - 3\,\delta\,(1+k)}{2+k} - \frac{12\,k}{1+6\,k}\right].$$

Moment an einer beliebigen Stelle der Strecke AE im Abstand x von A:

$$M_x = M_A + (q\,c - H)\,x - \frac{q\,x^2}{2}$$

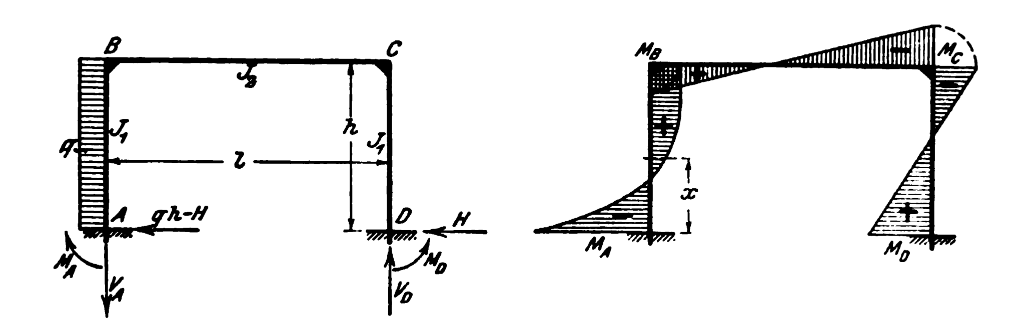
$$M_E = M_A - H\,c + \frac{q\,c^2}{2}$$

$$M_B = M_A - H\,h + \frac{q\,c^2}{2}$$

$$M_C = M_D - H\,h.$$

Eingespannter zweistieliger Rahmen mit senkrechten Ständern und mit wagerechtem Querriegel.

Wagerechte, gleichmäßig verteilte Belastung eines Ständers auf dessen ganze Höhe.



$$V_A = V_D = \frac{q\,h^2\,k}{l\,(1 + 6\,k)} \qquad k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{h}{l}$$

$$H = \frac{q\,h}{8} \cdot \frac{3 + 2\,k}{2 + k}.$$

Momente:

$$M_A = -\frac{q\,h^2}{24}\left(12 - \frac{9 + 5\,k}{2 + k} - \frac{12\,k}{1 + 6\,k}\right)$$

$$M_D = +\frac{q\,h^2}{24}\left(+\frac{9 + 5\,k}{2 + k} - \frac{12\,k}{1 + 6\,k}\right).$$

Moment an einer beliebigen Stelle des Ständers AB im Abstand x von A:

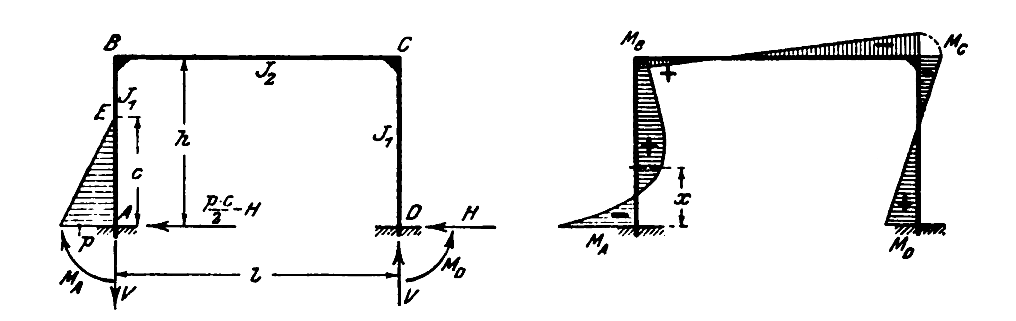
$$M_x = M_A + (q\,h - H)\,x - \frac{q\,x^2}{2}$$

$$M_B = M_A - H\,h + \frac{q\,h^2}{2}$$

$$M_C = M_D - H\,h.$$

Eingespannter zweistieliger Rahmen mit senkrechten Ständern und mit wagerechtem Querriegel.

Wagerechte, teilweise Dreieckbelastung am unteren Ende eines Ständers mit Maximum an der Einspannungsstelle.



$$V = \frac{p\,k\,c^2\,\delta}{4\,l\,(1+6\,k)} \qquad\qquad k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{h}{l}$$

$$H = \frac{p\,c\,\delta^2}{40} \cdot \frac{5\,(1+k) - \delta\,(1+2\,k)}{2+k} \qquad\qquad \delta = \frac{c}{h}\,.$$

Momente:

$$M_A = -\frac{p\,c^2\,\delta}{120}\left[\frac{20}{\delta} - \frac{5\,(3+2\,k) - 3\,\delta\,(1+k)}{2+k} - \frac{15\,k}{1+6\,k}\right]$$

$$M_D = +\frac{p\,c^2\,\delta}{120}\left[+\frac{5\,(3+2\,k) - 3\,\delta\,(1+k)}{2+k} - \frac{15\,k}{1+6\,k}\right]$$

für AE (x von A aus gemessen):

$$M_x = M_A + \left(\frac{p\,c}{2} - H\right) x - \frac{p\,x^2}{6\,c}\,(3\,c - x)$$

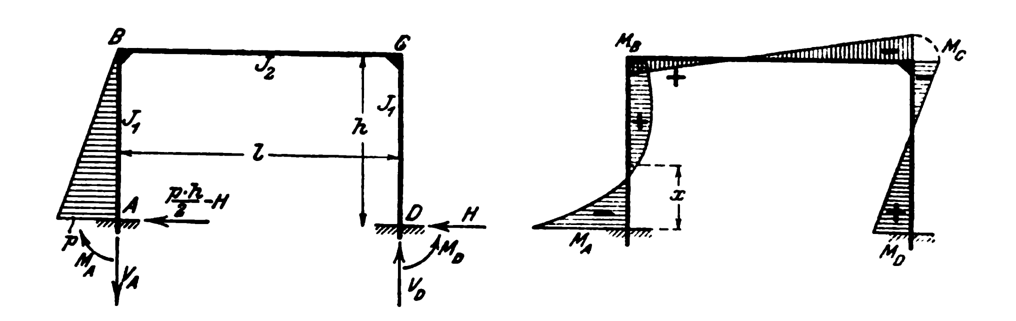
$$M_E = M_A - H\,c + \frac{p\,c^2}{6}$$

$$M_B = M_A - H\,h + \frac{p\,c^2}{6}$$

$$M_C = M_D - H\,h.$$

Eingespannter zweistieliger Rahmen mit senkrechten Ständern und mit wagerechtem Querriegel.

Wagerechte Dreieckbelastung auf die ganze Höhe eines Ständers mit Maximum an der Einspannungsstelle.



$$V_A = V_D = \frac{p\,k\,h^2}{4\,l\,(1+6\,k)} \qquad k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{h}{l}$$

$$H = \frac{p\,h}{40} \cdot \frac{4+3\,k}{2+k}.$$

Momente:

$$M_A = -\frac{p\,h^2}{120}\left(20 - \frac{12+7\,k}{2+k} - \frac{15\,k}{1+6\,k}\right)$$

$$M_D = +\frac{p\,h^2}{120}\left(+\frac{12+7\,k}{2+k} - \frac{15\,k}{1+6\,k}\right)$$

für AB (x von A aus gemessen):

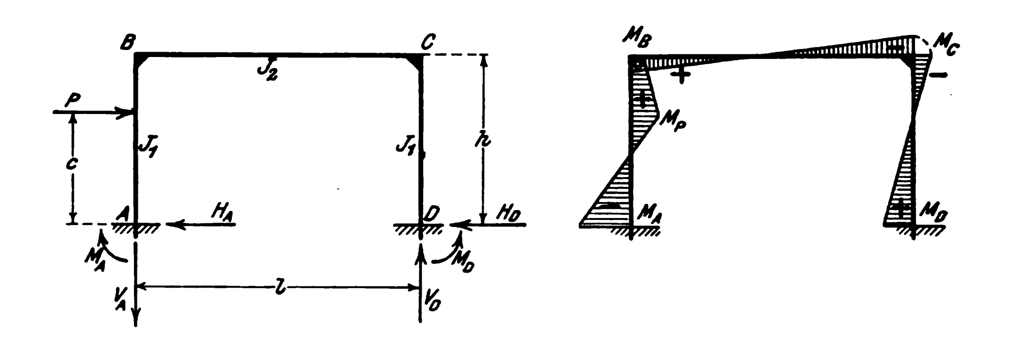
$$M_x = M_A + \left(\frac{p\,h}{2} - H\right)x - \frac{p\,x^2}{6\,h}(3\,h - x)$$

$$M_B = M_A - H\,h + \frac{p\,h^2}{6}$$

$$M_C = M_D - H\,h.$$

Eingespannter zweistieliger Rahmen mit senkrechten Ständern und mit wagerechtem Querriegel.

Wagerechte Einzellast an beliebiger Stelle eines Ständers.



$$V_A = V_D = \frac{3\,P\,c\,\delta\,k}{l\,(1+6\,k)} \qquad k = \frac{J_2}{J_1}\cdot\frac{h}{l}; \qquad \delta = \frac{c}{h}$$

$$H_A = P - H_D$$

$$H_D = \frac{P\,\delta^2}{2\,(2+k)}\left[3\,(1+k) - \delta\,(1+2\,k)\right]$$

$$M_A = -\frac{P\,c\,\delta}{2}\left[\frac{2}{\delta} - \frac{3+2\,k-\delta\,(1+k)}{2+k} - \frac{3\,k}{1+6\,k}\right]$$

$$M_D = +\frac{P\,c\,\delta}{2}\left[\frac{3+2\,k-\delta\,(1+k)}{2+k} - \frac{3\,k}{1+6\,k}\right]$$

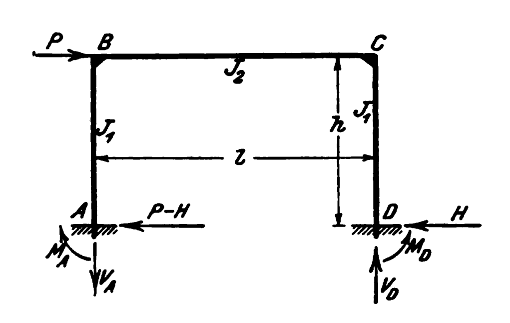
$$M_B = M_A - H_D\,h + P\,c$$

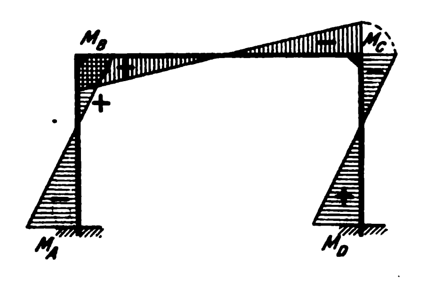
$$M_C = M_D - H_D\,h$$

$$M_P = M_A + H_A\,c.$$

Eingespannter zweistieliger Rahmen mit senkrechten Ständern und mit wagerechtem Querriegel.

Wagerechte Einzellast in einer Rahmenecke.





$$V_A = V_D = \frac{3\,P h k}{l(1+6k)} \qquad k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{h}{l}$$

$$H = \frac{P}{2}.$$

Momente:

$$M_A = -\frac{Ph}{2} \cdot \frac{1+3k}{1+6k}$$

$$M_D = +\frac{Ph}{2} \cdot \frac{1+3k}{1+6k}$$

$$M_B = +\frac{Ph}{2} \cdot \frac{3k}{1+6k}$$

$$M_C = -\frac{Ph}{2} \cdot \frac{3k}{1+6k}.$$

III.

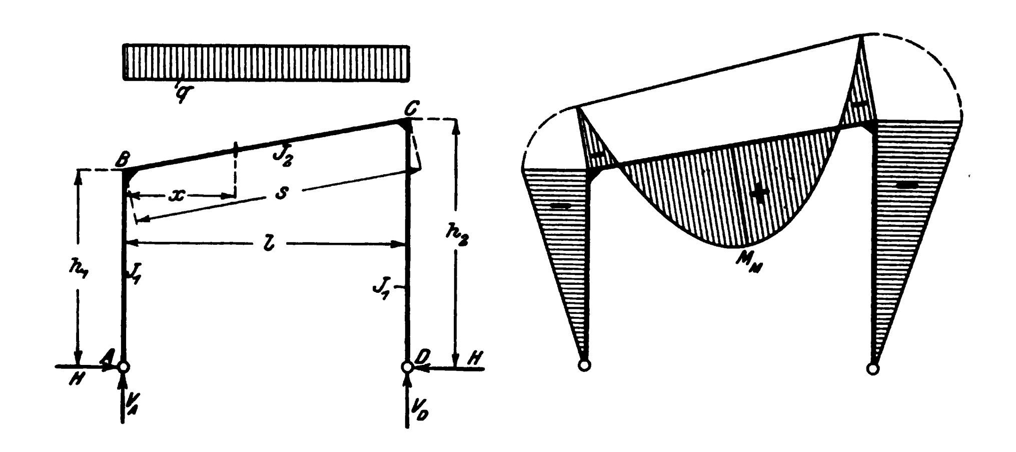
Zweistielige Zweigelenkrahmen

mit senkrechten Ständern und einseitig geneigtem Querriegel.

9 Fälle.

Zweistieliger Zweigelenkrahmen mit senkrechten Ständern und einseitig geneigtem Querriegel.

Senkrechte, gleichmäßig verteilte Belastung des Querriegels auf dessen ganze Länge.



$$h_2 = n\,h_1; \quad k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{h_1}{s}$$

$$V_A = V_D = \frac{q\,l}{2}$$

$$H = \frac{q\,l^2}{8\,h_1} \cdot \frac{1 + n}{k\,(1 + n^3) + 1 + n + n^2}$$

$$M_B = -\,H\,h_1$$

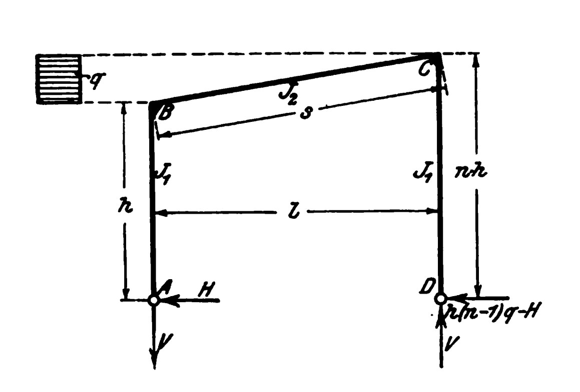
$$M_C = -\,H\,h_2 = -\,n\,H\,h_1.$$

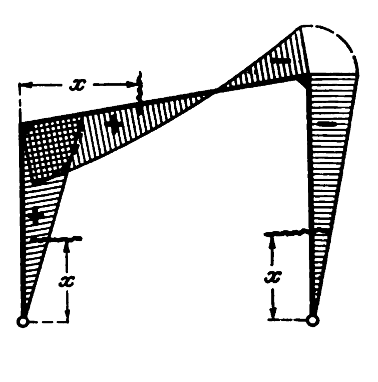
Moment an einer beliebigen Stelle des Querriegels im Abstand x von B:

$$M_x = M_0 - H\,(h_1 + y) = M_0 - H\left[h_1 + \frac{x}{l}\,(h_2 - h_1)\right].$$

Zweistieliger Zweigelenkrahmen mit senkrechten Ständern und einseitig geneigtem Querriegel.

Wagerechte, gleichmäßig verteilte Belastung des Querriegels auf dessen ganze Länge.





$$V = \frac{q\,h^2\,(n^2-1)}{2\,l} \qquad k = \frac{J_2}{J_1}\cdot\frac{h}{s}$$

$$H = \frac{q\,h\,(n-1)\,(24\,k\,n^3+3+12\,n+21\,n^2)}{24\,[k\,(1+n^3)+1+n+n^2]}.$$

Moment an einer beliebigen Stelle des Ständers AB im Abstand x von A:

$$M_x = +\,H\,x$$

$$M_B = +\,H\,h.$$

Moment an einer beliebigen Stelle des Querriegels BC im Abstand x von B

$$M_x = +\,H\,h\left(1+\frac{n-1}{l}\cdot x\right) - V\,x - \frac{q\,h^2\,(n-1)^2}{2\,l^2}\cdot x^2$$

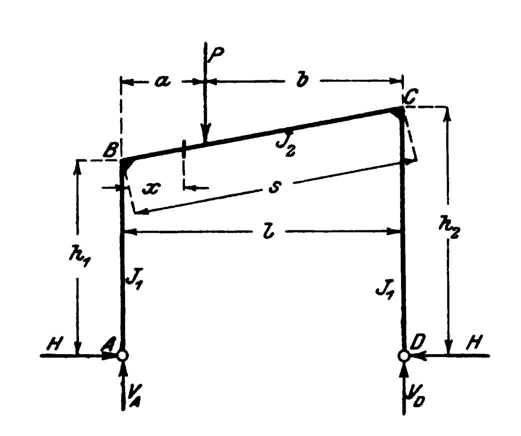
$$M_C = -\,[h\,(n-1)\,q - H]\,n\,h.$$

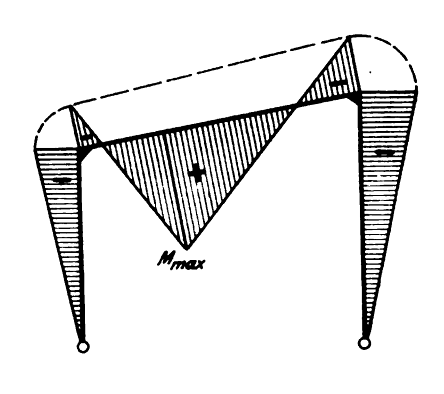
Moment an einer beliebigen Stelle des Ständers CD im Abstand x von D:

$$M_x = -\,[h\,(n-1)\,q - H]\,x.$$

Zweistieliger Zweigelenkrahmen mit senkrechten Ständern und einseitig geneigtem Querriegel.

Senkrechte Einzellast an beliebiger Stelle des Querriegels.





$$h_2 = n\,h_1;\quad k = \frac{J_2}{J_1}\cdot\frac{h_1}{s}$$

$$V_A = \frac{P\,b}{l};\quad V_D = \frac{P\,a}{l}$$

$$H = \frac{P\,a\,b}{2\,l^2 h_1}\cdot\frac{l\,(2+n)+a\,(n-1)}{k\,(1+n^3)+1+n+n^2}$$

$$M_B = -\,H\,h_1$$

$$M_C = -\,H\,h_2 = -\,n\,H\,h_1.$$

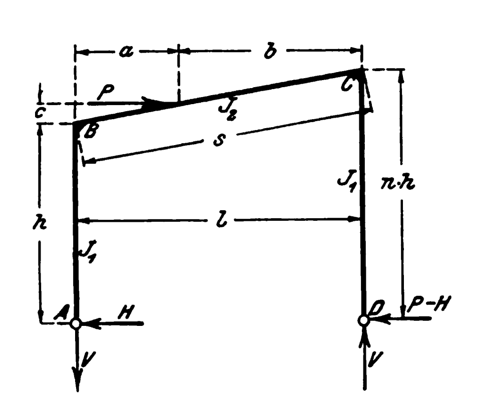
Moment an einer beliebigen Stelle des Querriegels im Abstand x von B:

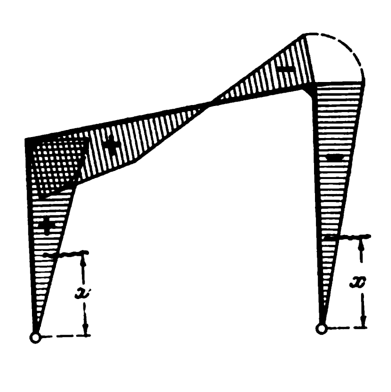
$$M_x = M_0 - H\,(h_1 + y) = M_0 - H\left[h_1 + \frac{x}{l}\,(h_2 - h_1)\right]$$

$$+\,M_{max} = \frac{P\,a\,b}{l} - H\left[h_1 + \frac{a}{l}\,(h_2 - h_1)\right].$$

Zweistieliger Zweigelenkrahmen mit senkrechten Ständern und einseitig geneigtem Querriegel.

Wagerechte Einzellast an beliebiger Stelle des Querriegels.





$$V = \frac{P(h+c)}{l} \qquad k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{h}{s}$$

$$H = \frac{P\left[2kn^3h + (c+h)(1+2n) - \frac{bh}{l}(1+n-2n^2) - \frac{bc}{l}\left(2+n+\frac{c}{h}\right)\right]}{2h\left[k(1+n^3)+1+n+n^2\right]}.$$

Moment an einer beliebigen Stelle des Ständers AB im Abstand x von A:

$$M_x = +Hx$$

$$M_B = +Hh$$

$$M_P = H(h+c) - Va$$

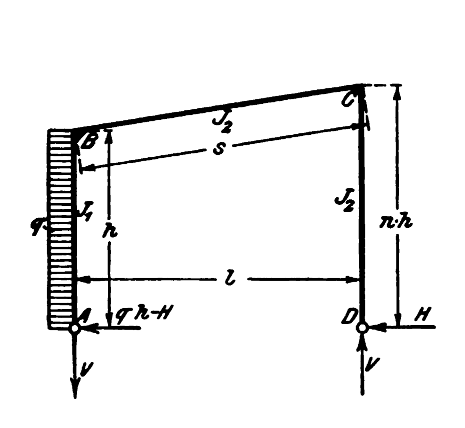
$$M_C = -(P-H)\,nh.$$

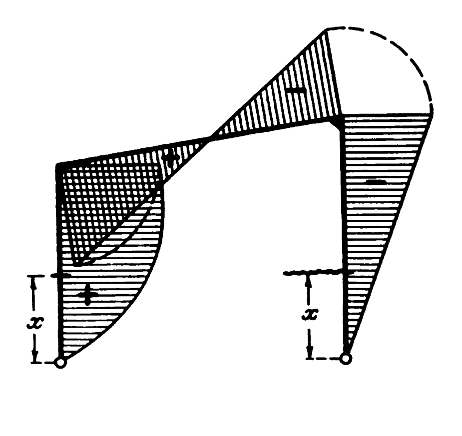
Moment an einer beliebigen Stelle des Ständers CD im Abstand x von D:

$$M_x = -(P-H)\,x.$$

Zweistieliger Zweigelenkrahmen mit senkrechten Ständern und einseitig geneigtem Querriegel.

Wagerechte, gleichmäßig verteilte Belastung des kürzeren Ständers.





$$V = \frac{q h^2}{2 l} \qquad k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{h}{s}$$

$$H = \frac{q h}{8} \cdot \frac{5 k + 4 + 2 n}{k (1 + n^3) + 1 + n + n^2}.$$

Moment an einer beliebigen Stelle des Ständers AB im Abstand x von A:

$$M_x = (q h - H) x - \frac{q x^2}{2}$$

$$M_B = (q h - H) h - \frac{q h^2}{2}$$

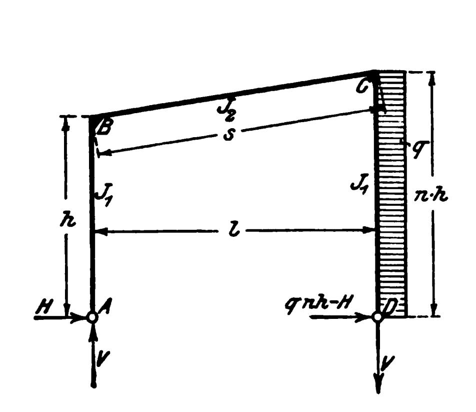
$$M_C = - H n h.$$

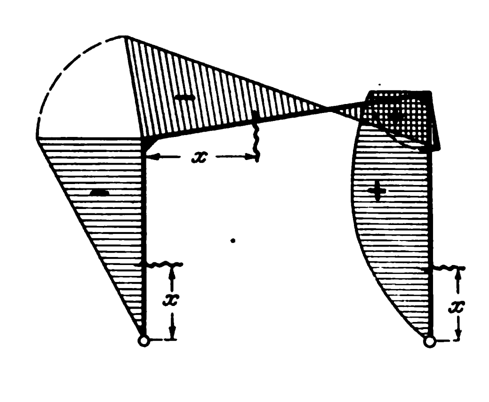
Moment an einer beliebigen Stelle des Ständers CD im Abstand x von D:

$$M_x = - H x.$$

Zweistieliger Zweigelenkrahmen mit senkrechten Ständern und einseitig geneigtem Querriegel.

Wagerechte, gleichmäßig verteilte Belastung des längeren Ständers.





$$V = \frac{q n^2 h^2}{2l} \qquad k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{h}{s}$$

$$H = \frac{q n^2 h}{8} \cdot \frac{5 n^2 k + 2(1 + 2n)}{k(1 + n^3) + 1 + n + n^2}.$$

Moment an einer beliebigen Stelle des Ständers AB im Abstand x von A:

$$M_x = -Hx$$

$$M_B = -Hh.$$

Moment an einer beliebigen Stelle des Querriegels im Abstand x von B:

$$M_x = Vx - H\left[h + \frac{h(n-1)}{l} \cdot x\right]$$

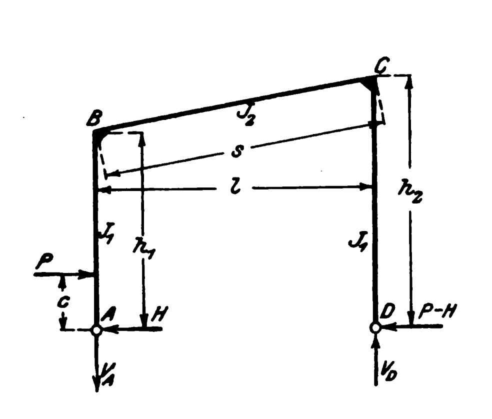
$$M_C = Vl - Hnh.$$

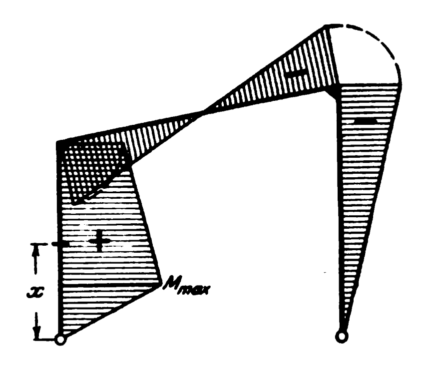
Moment an einer beliebigen Stelle des Ständers CD im Abstand x von D:

$$M_x = (qnh - H) \cdot x - \frac{q x^2}{2}.$$

Zweistieliger Zweigelenkrahmen mit senkrechten Ständern und einseitig geneigtem Querriegel.

Wagerechte Einzellast an beliebiger Stelle des kürzeren Ständers.





$$h_2 = n h_1; \qquad k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{h_1}{s}$$

$$V_A = V_D = \frac{Pc}{l}$$

$$H = \frac{P}{h_1^3} \cdot \frac{k\left[h_1^3(1+n^3) + \frac{c}{2}(c^2 - 3h_1^2)\right] + h_1^3(1+n+n^2) - \frac{c h_1^2}{2}(2+n)}{k(1+n^3) + 1 + n + n^2}.$$

Momente im Ständer

für die Strecke c: $M_x = Hx$

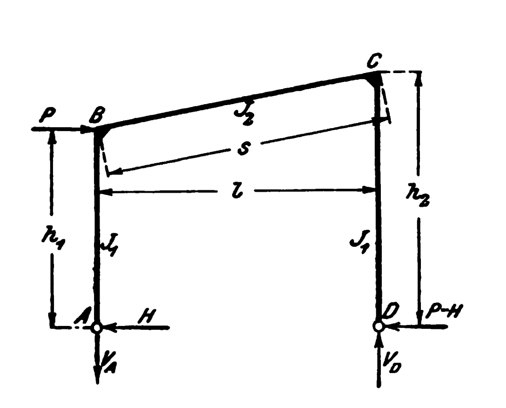
„ „ „ $(h - c)$: $M_x = Hx - P(x - c)$

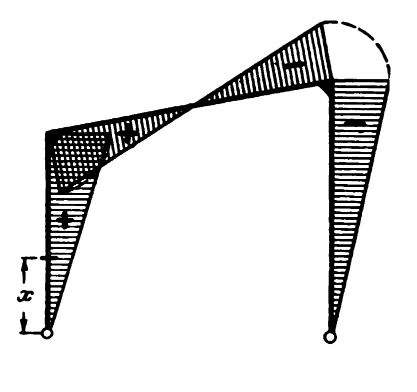
Eckmoment: $M_B = Hh_1 - P(h_1 - c)$

„ : $M_C = -(P - H)\,h_2$.

Zweistieliger Zweigelenkrahmen mit senkrechten Ständern und einseitig geneigtem Querriegel.

Wagerechte Einzellast an der stumpfwinkligen Rahmenecke.





$h_2 = n h_1$: $\quad k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{h_1}{s}$

$V_A = V_D = \frac{Ph}{l}$

$$H = \frac{P}{2} \cdot \frac{2n^3 k + 2n^2 + n}{k(1+n^3) + 1 + n + n^2}.$$

Moment für den Stiel AB im Abstand x von A:

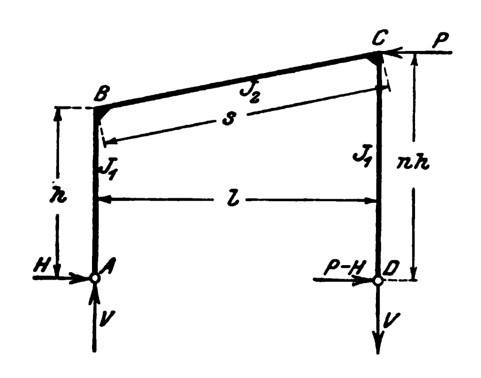
$$M_x = Hx.$$

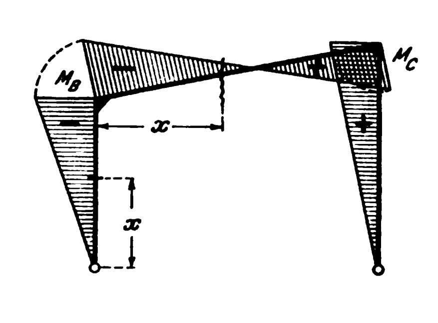
Eckmoment: $M_B = H h_1$

„ $\quad M_C = -(P - H)\, h_2.$

Zweistieliger Zweigelenkrahmen mit senkrechten Ständern und einseitig geneigtem Querriegel.

Wagerechte Einzellast an der spitzwinkligen Rahmenecke.





$$V = \frac{P h n}{l} \qquad\qquad k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{h}{s}$$

$$H = \frac{P n}{2} \cdot \frac{2 k n^2 + 1 + 2 n}{k(1 + n^3) + 1 + n + n^2}.$$

Momente:

für AB (x von A aus gemessen):

$$M_x = -H x$$
$$M_B = -H h$$

für BC (x von B aus gemessen):

$$M_x = V x - H\left[h + \frac{h(n-1)}{l} \cdot x\right]$$

$$M_C = (P - H) h n$$

für CD (x von D aus gemessen):

$$M_x = (P - H) x.$$

IV.

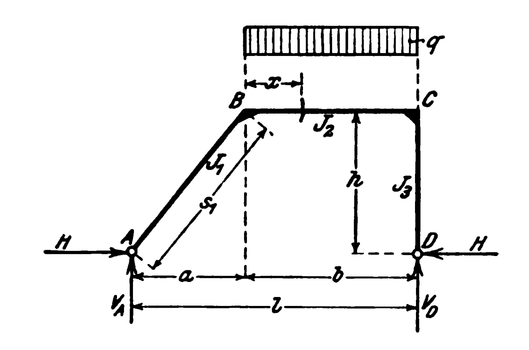
Zweistielige Zweigelenkrahmen

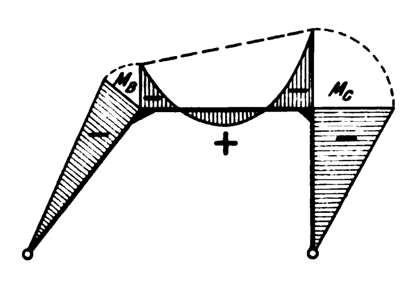
mit einem senkrechten und einem geneigten Ständer sowie mit wagerechtem Querriegel.

12 Fälle.

Zweistieliger Zweigelenkrahmen mit einem senkrechten und einem geneigten Ständer sowie mit wagerechtem Querriegel.

Senkrechte, gleichmäßig verteilte Belastung des Querriegels.





$$V_A = \frac{q\,b^2}{2\,l}$$

$$k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{s_1}{b}; \quad k_1 = \frac{J_2}{J_3} \cdot \frac{h}{b}$$

$$V_D = \frac{q\,b}{2\,l}\,(2\,a + b)$$

$$H = \frac{q\,b^2}{4\,l\,h} \cdot \frac{l + 3\,a + 2\,a\,k}{3 + k + k_1}.$$

Momente:

$$M_B = V_A\,a - H\,h$$

für BC (x von B aus gemessen):

$$M_x = V_A\,(a + x) - H\,h - \frac{q\,x^2}{2}$$

$$M_C = -\,H\,h.$$

Normalkräfte:

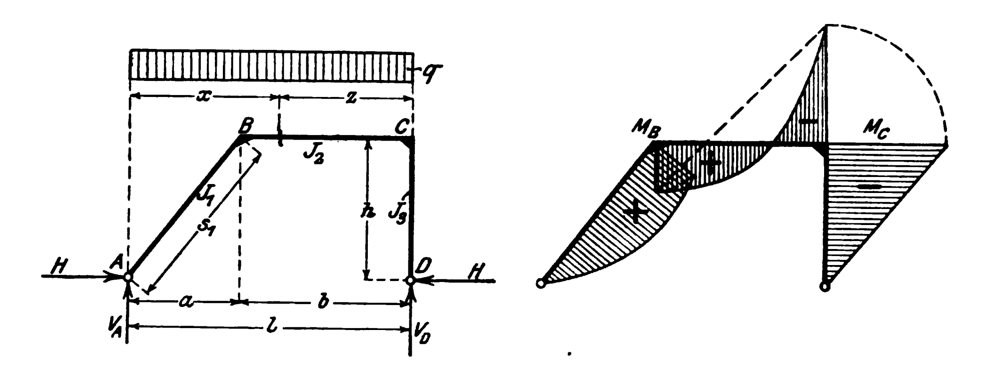
für AB: $N = V_A \cdot \frac{h}{s_1} + H \cdot \frac{a}{s_1}$

„ BC: $N = H$

„ CD: $N = V_D$.

Zweistieliger Zweigelenkrahmen mit einem senkrechten und einem geneigten Ständer sowie mit wagerechtem Querriegel.

Senkrechte, gleichmäßig verteilte Belastung des Querriegels und des geneigten Ständers.



$$V_A = V_D = \frac{q\,l}{2} \qquad k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{s_1}{b}; \quad k_1 = \frac{J_2}{J_3} \cdot \frac{h}{b}$$

$$H = \frac{q}{8\,h} \cdot \frac{2\,b\,(3\,a + b) + a\,(a + 4\,b)\,k}{3 + k + k_1}.$$

Momente:

für AB (x von A, z von C aus gemessen):

$$M_x = \frac{q\,x\,z}{2} - H \cdot \frac{h\,x}{a}$$

$$M_B = \frac{q\,a\,b}{2} - H\,h$$

für BC (x von A, z von C aus gemessen):

$$M_x = \frac{q\,x\,z}{2} - H\,h$$

$$M_C = - H\,h.$$

Normalkräfte:

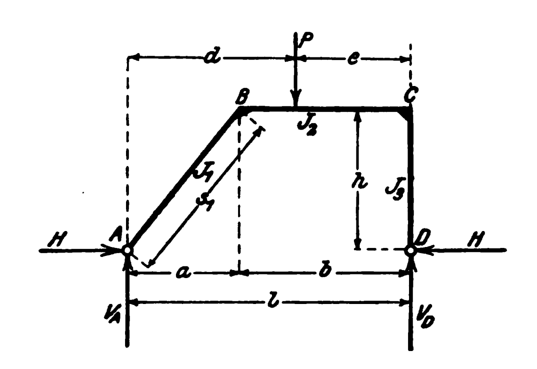
für AB: $N_x = q\left(\frac{l}{2} - x\right) \cdot \frac{h}{s_1} + H \cdot \frac{a}{s_1}$

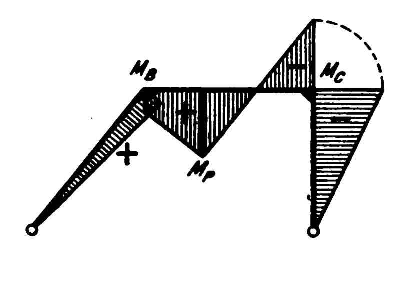
„ BC: $N = H$

„ CD: $N = \frac{q\,l}{2}.$

Zweistieliger Zweigelenkrahmen mit einem senkrechten und einem geneigten Ständer sowie mit wagerechtem Querriegel.

Senkrechte Einzellast an beliebiger Stelle des Querriegels.





$$V_A = P \cdot \frac{e}{l} \qquad k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{s_1}{b}; \quad k_1 = \frac{J_2}{J_3} \cdot \frac{h}{b}$$

$$V_D = P \cdot \frac{d}{l}$$

$$H = \frac{P}{2\,h\,b\,l} \cdot \frac{3\,e\,(d\,l - a^2) + 2\,a\,b\,e\,k}{3 + k + k_1}.$$

Momente:

$$M_B = V_A\,a - H\,h$$

$$M_P = V_A\,d - H\,h$$

$$M_C = -H\,h.$$

Normalkräfte:

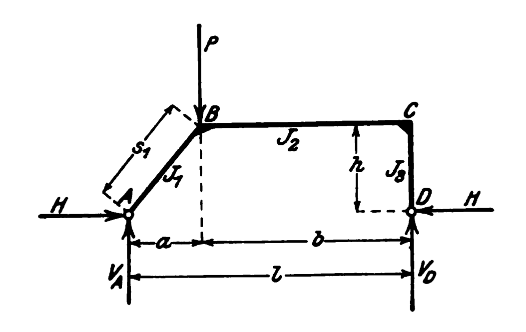
für AB: $N = V_A \cdot \frac{h}{s_1} + H \cdot \frac{a}{s_1}$

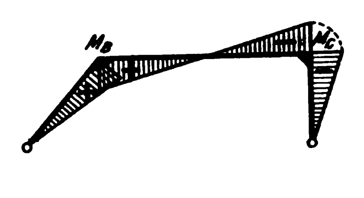
„ BC: $N = H$

„ CD: $N = V_D$.

Zweistieliger Zweigelenkrahmen mit einem senkrechten und einem geneigten Ständer sowie mit wagerechtem Querriegel.

Senkrechte Einzellast an der stumpfen Rahmenecke.





$$V_A = P \cdot \frac{b}{l} \qquad k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{s_1}{b}$$

$$V_D = P \cdot \frac{a}{l} \qquad k_1 = \frac{J_2}{J_3} \cdot \frac{h}{b}$$

$$H = \frac{Pab}{2\,lh} \cdot \frac{3 + 2\,k}{3 + k + k_1}.$$

Momente:

in der Rahmenecke B:

$$M_B = V_A\,a - H\,h$$

in der Rahmenecke C:

$$M_C = -H\,h.$$

Normalkräfte:

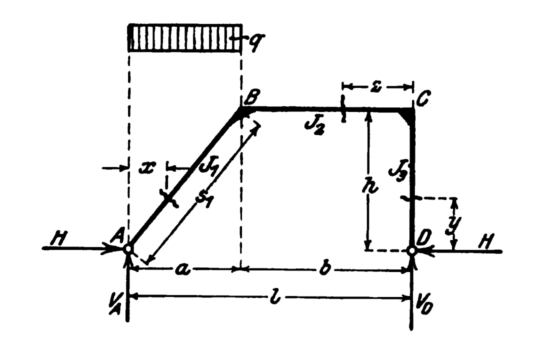
für AB: $N = V_A \cdot \frac{h}{s_1} + H \cdot \frac{a}{s_1}$

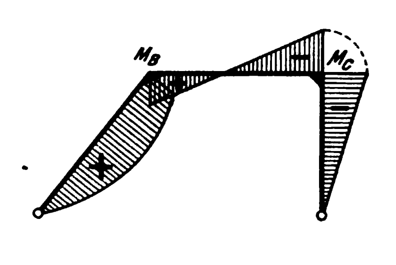
„ BC: $N = H$

„ CD: $N = V_D$.

Zweistieliger Zweigelenkrahmen mit einem senkrechten und einem geneigten Ständer sowie mit wagerechtem Querriegel.

Senkrechte, gleichmäßig verteilte Belastung des geneigten Ständers.





$$V_A = \frac{qa}{2l}(l+b) \qquad k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{s_1}{b}$$

$$V_D = \frac{qa^2}{2l} \qquad k_1 = \frac{J_2}{J_3} \cdot \frac{h}{b}$$

$$H = \frac{qa^2}{8lh} \cdot \frac{6b + (l+4b)k}{3+k+k_1}.$$

Momente:

für AB (Abszisse x von A aus gemessen):

$$M_x = V_A x - H \cdot \frac{hx}{a} - \frac{qx^2}{2}$$

$$M_B = V_D b - Hh$$

für BC (Abszisse z von D aus gemessen):

$$M_z = V_D z - Hh$$

$$M_C = -Hh$$

für CD (Ordinate y von D aus gemessen):

$$M_y = -Hy.$$

Normalkräfte:

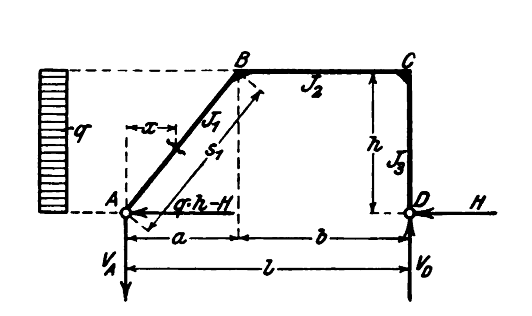
für AB: $N_x = (V_A - qx)\frac{h}{s_1} + H \cdot \frac{a}{s_1}$

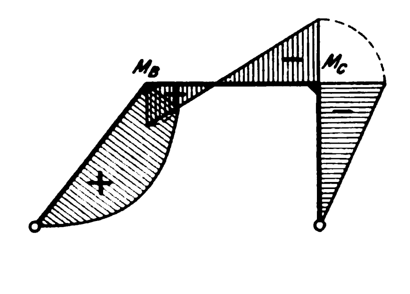
„ BC: $N = H$

„ CD: $N = V_D$.

Zweistieliger Zweigelenkrahmen mit einem senkrechten und einem geneigten Ständer sowie mit wagerechtem Querriegel.

Wagerechte, gleichmäßig verteilte Belastung des geneigten Ständers.





$$V_A = V_D = \frac{qh^2}{2l} \qquad k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{s_1}{b}$$

$$H = \frac{qh}{8l} \cdot \frac{6b + (l + 4b)k}{3 + k + k_1} \qquad k_1 = \frac{J_2}{J_3} \cdot \frac{h}{b} \, .$$

Momente:

für AB (Abszisse x von A aus gemessen):

$$M_x = (qh - H)\frac{hx}{a} - V_A x - \frac{qh^2x^2}{2a^2}$$

$$M_B = V_D b - Hh$$

$$M_C = -Hh.$$

Normalkräfte:

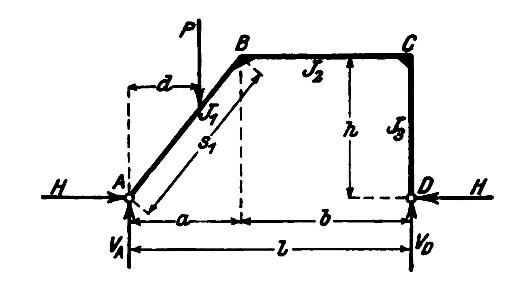
für AB: $N = -V_A \cdot \frac{h}{s_1} - \left(qh - H - \frac{qhx}{a}\right)\frac{a}{s_1}$

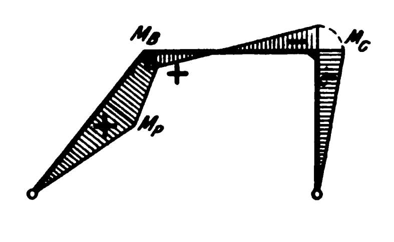
„ BC: $N = H$

„ CD: $N = V_D$.

Zweistieliger Zweigelenkrahmen mit einem senkrechten und einem geneigten Ständer sowie mit wagerechtem Querriegel.

Senkrechte Einzellast an beliebiger Stelle des geneigten Ständers.





$$V_A = P \cdot \frac{l-d}{l} \qquad k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{s_1}{b}$$

$$V_D = P \cdot \frac{d}{l} \qquad k_1 = \frac{J_2}{J_3} \cdot \frac{h}{b}$$

$$H = \frac{P\,d}{2\,l\,h} \cdot \frac{3\,b + (3\,l - l\,\delta^2 - 2\,a)\,k}{3 + k + k_1} \qquad \delta = \frac{d}{a}\,.$$

Momente:

unter der Einzellast:

$$M_P = V_A\,d - H \cdot \frac{h\,d}{a}$$

in der Rahmenecke B:

$$M_B = V_D\,b - H\,h$$

in der Rahmenecke C:

$$M_C = -H\,h.$$

Normalkräfte:

für AP: $\quad N = V_A \cdot \frac{h}{s_1} + H \cdot \frac{a}{s_1}$

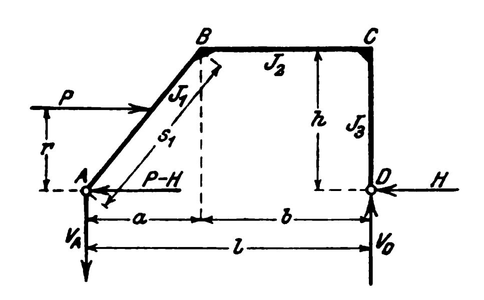
„ PB: $\quad N = (V_A - P)\,\frac{h}{s_1} + H \cdot \frac{a}{s_1}$

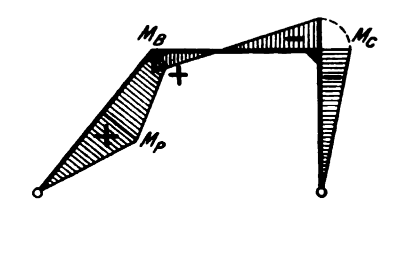
„ BC: $\quad N = H$

„ CD: $\quad N = V_D.$

Zweistieliger Zweigelenkrahmen mit einem senkrechten und einem geneigten Ständer sowie mit wagerechtem Querriegel.

Wagerechte Einzellast an beliebiger Stelle des geneigten Ständers.





$$V_A = V_D = P \cdot \frac{r}{l}$$

$$k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{s_1}{b}; \quad k_1 = \frac{J_2}{J_3} \cdot \frac{h}{b}$$

$$H = \frac{P\delta}{2l} \cdot \frac{3b + (l + 2b - l\delta^2)k}{3 + k + k_1}$$

$$\delta = \frac{r}{h}.$$

Momente:

an der Lastangriffsstelle:

$$M_P = (P - H)\,r - V_A\,a\,\delta$$

in der Rahmenecke B:

$$M_B = V_D\,b - H\,h$$

in der Rahmenecke C:

$$M_C = -\,H\,h.$$

Normalkräfte:

für AP: $N = -V_A \cdot \frac{h}{s_1} - (P - H)\,\frac{a}{s_1}$

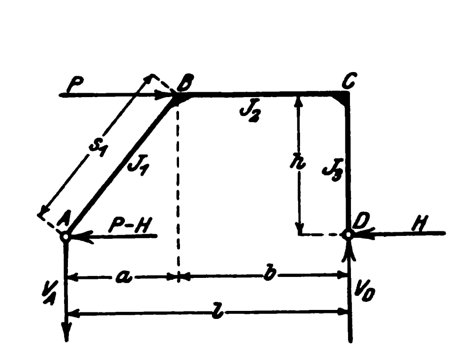
„ PB: $N = -V_A \cdot \frac{h}{s_1} + H \cdot \frac{a}{s_1}$

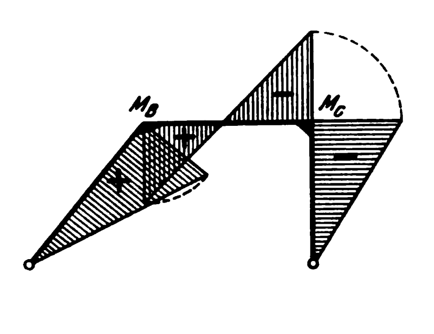
„ BC: $N = +H$

„ CD: $N = +V_D.$

Zweistieliger Zweigelenkrahmen mit einem senkrechten und einem geneigten Ständer sowie mit wagerechtem Querriegel.

Wagerechte Einzellast an der stumpfen Rahmenecke.





$$V_A = V_D = P \cdot \frac{h}{l} \qquad k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{s_1}{b}$$

$$H = \frac{Pb}{2l} \cdot \frac{3 + 2k}{3 + k + k_1} \qquad k_1 = \frac{J_2}{J_3} \cdot \frac{s_3}{b}.$$

Momente:

in der Rahmenecke B:

$$M_B = V_A b - Hh$$

in der Rahmenecke C:

$$M_C = -Hh.$$

Normalkräfte:

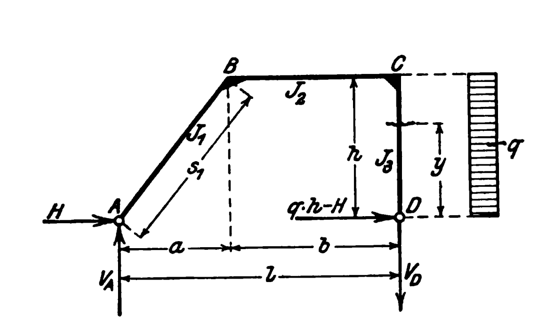
für AB: $N = -V_A \cdot \frac{h}{s_1} - (P - H)\frac{a}{s_1}$

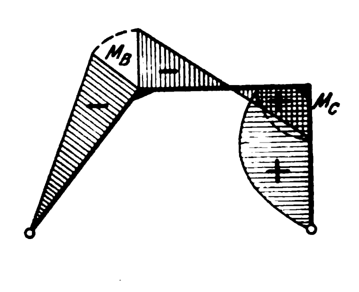
„ BC: $N = H$

„ CD: $N = V_A$.

Zweistieliger Zweigelenkrahmen mit einem senkrechten und einem geneigten Ständer sowie mit wagerechtem Querriegel.

Wagerechte, gleichmäßig verteilte Belastung des senkrechten Ständers.





$$V_A = V_D = \frac{q\,h^2}{2\,l} \qquad k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{s_1}{b}$$

$$H = \frac{q\,h}{8\,l} \cdot \frac{6\,(a+l) + 4\,a\,k + 5\,l\,k_1}{3 + k + k_1} \qquad k_1 = \frac{J_2}{J_3} \cdot \frac{h}{b}.$$

Momente:

in der Rahmenecke B:

$$M_B = V_A\,a - H\,h$$

in der Rahmenecke C:

$$M_C = V_A\,l - H\,h$$

für CD (Ordinate y von D aus gemessen):

$$M_y = \frac{q\,y}{2}\,(2\,h - y) - H\,y.$$

Normalkräfte:

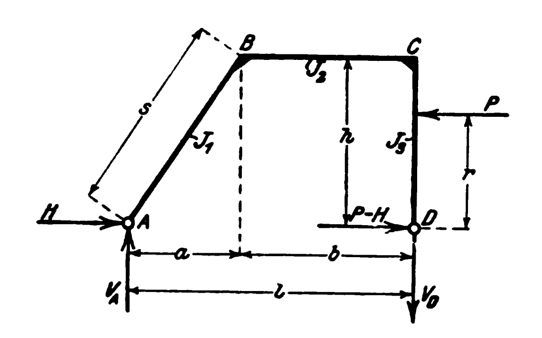
für AB: $N = V_A \cdot \frac{h}{s_1} + H \cdot \frac{a}{s_1}$

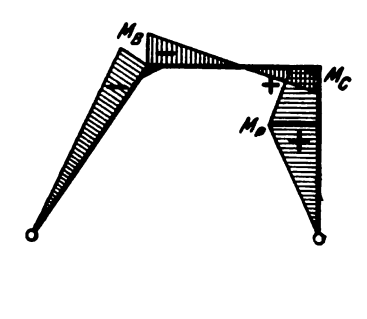
„ BC: $N = H$

„ CD: $N = -V_D$.

Zweistieliger Zweigelenkrahmen mit einem senkrechten und einem geneigten Ständer sowie mit wagerechtem Querriegel.

Wagerechte Einzellast an beliebiger Stelle des senkrechten Ständers.





$$V_A = V_D = P \cdot \frac{r}{l} \qquad k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{s}{b}\,; \quad k_1 = \frac{J_2}{J_3} \cdot \frac{h}{b}$$

$$H = \frac{P\delta}{2\,l} \cdot \frac{3\,(l+a) + 2\,a\,k + l\,(3 - \delta^2)\,k_1}{3 + k + k_1} \qquad \delta = \frac{r}{h}.$$

Momente:

in der Rahmenecke B:

$$M_B = V_A\,a - H\,h$$

in der Rahmenecke C:

$$M_C = V_A\,l - H\,h$$

an der Lastangriffsstelle:

$$M_P = +\,(P - H)\,r.$$

Normalkräfte:

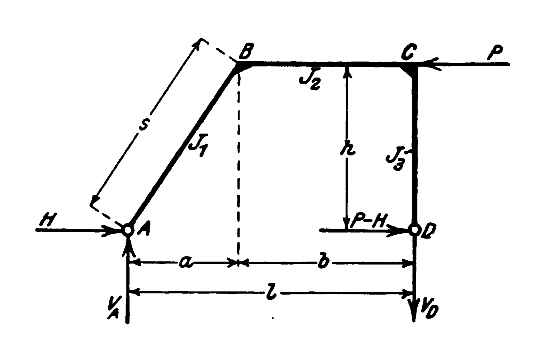
für AB: $N = V_A \cdot \frac{h}{s} + H \cdot \frac{a}{s}$

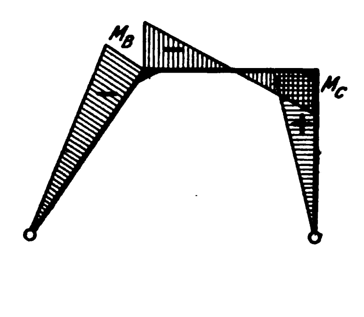
„ BC: $N = H$

„ CD: $N = -V_D$.

Zweistieliger Zweigelenkrahmen mit einem senkrechten und einem geneigten Ständer sowie mit wagerechtem Querriegel.

Wagerechte Einzellast an der rechtwinkligen Rahmenecke.





$$V_A = V_D = P \cdot \frac{h}{l} \qquad k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{s}{b}; \quad k_1 = \frac{J_2}{J_3} \cdot \frac{h}{b}$$

$$H = \frac{P}{2\,l} \cdot \frac{3\,(l + a) + 2\,a k + 2\,l\,k_1}{3 + k + k_1}.$$

Momente:

in der Rahmenecke B:

$$M_B = V_A\,a - H\,h$$

in der Rahmenecke C:

$$M_C = (P - H)\,h.$$

Normalkräfte:

für AB: $N = V_A \cdot \frac{h}{s} + H \cdot \frac{a}{s}$

„ BC: $N = H$

„ CD: $N = -V_D$.

V.

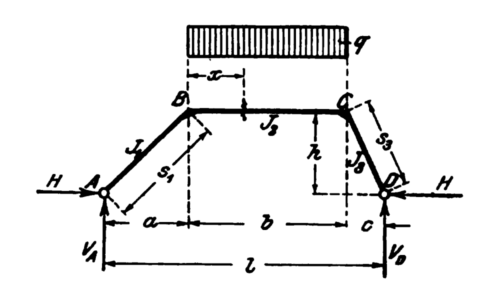
Zweistielige Zweigelenkrahmen

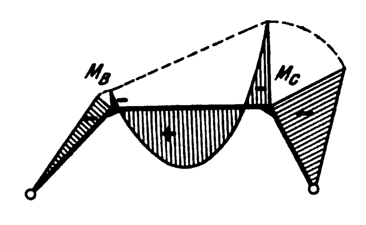
mit zwei geneigten Ständern und wagerechtem Querriegel.

20 Fälle.

Zweistieliger Zweigelenkrahmen mit zwei geneigten Ständern und wagerechtem Querriegel.

Senkrechte, gleichmäßig verteilte Belastung des Querriegels (unsymmetrisch geneigte Ständer).





$$V_A = \frac{q\,b}{2\,l}\,(b + 2\,c) \qquad\qquad k = \frac{J_2}{J_1}\cdot\frac{s_1}{b}\,; \quad k_1 = \frac{J_2}{J_3}\cdot\frac{s_3}{b}$$

$$V_D = \frac{q\,b}{2\,l}\,(2\,a + b)$$

$$H = \frac{q\,b}{4\,l\,h}\cdot\frac{12\,a\,c + 4\,b\,l - 3\,b^2 + 2\,a\,(b + 2\,c)\,k + 2\,c\,(2\,a + b)\,k_1}{3 + k + k_1}.$$

Momente:

in der Rahmenecke B:

$$M_B = V_A\,a - H\,h$$

für BC (Abszisse x von B aus gemessen):

$$M_x = V_A\,(a + x) - H\,h - \frac{q\,x^2}{2}$$

$$M_C = V_D\,c - H\,h.$$

Normalkräfte:

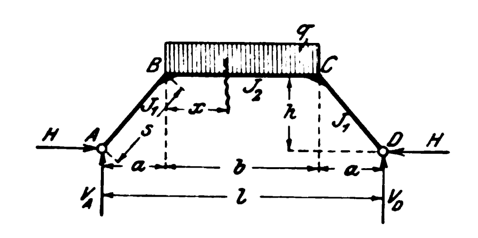
für AB: $\quad N = V_A\cdot\frac{h}{s_1} + H\cdot\frac{a}{s_1}$

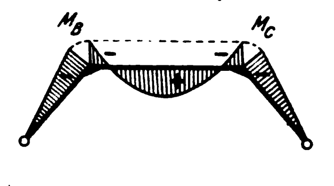
„ BC: $\quad N = H$

„ CD: $\quad N = V_D\cdot\frac{h}{s_3} + H\cdot\frac{c}{s_3}.$

Zweistieliger Zweigelenkrahmen mit zwei geneigten Ständern und wagerechtem Querriegel.

Senkrechte, gleichmäßig verteilte Belastung des Querriegels (symmetrisch geneigte Ständer).





$$V_A = V_D = \frac{q\,b}{2} \qquad k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{s}{b}$$

$$H = \frac{q\,b}{4\,h} \cdot \frac{b + 2\,a\,(3 + 2\,k)}{3 + 2\,k}.$$

Momente:

in der Rahmenecke B:

$$M_B = M_C = V_A\,a - H\,h$$

für BC (Abszisse x von B aus gemessen):

$$M_x = V_A\,(a + x) - H\,h - \frac{q\,x^2}{2}.$$

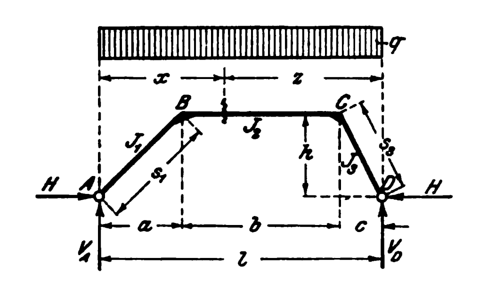
Normalkräfte:

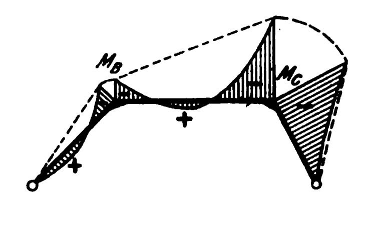
für AB und CD: $N = V_A \cdot \frac{h}{s} + H \cdot \frac{a}{s}$

„ BC: $N = H.$

Zweistieliger Zweigelenkrahmen mit zwei geneigten Ständern und wagerechtem Querriegel.

Senkrechte, gleichmäßig verteilte Belastung des ganzen Rahmens (unsymmetrisch geneigte Ständer).





$$V_A = V_D = \frac{q\,l}{2} \qquad k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{s_1}{b}\,; \quad k_1 = \frac{J_2}{J_3} \cdot \frac{s_3}{b}$$

$$H = \frac{q}{8\,h} \cdot \frac{12\,a\,c + 6\,b\,l - 4\,b^2 + a\,(4\,l - 3\,a)\,k + c\,(4\,l - 3\,c)\,k_1}{3 + k + k_1}\,.$$

Momente:

für AB (Abszisse x von A aus gemessen):

$$M_x = V_A\,x - H \cdot \frac{h\,x}{a} - \frac{q\,x^2}{2}$$

$$M_B = V_A\,a - H\,h - \frac{q\,a^2}{2}$$

für BC (Abszisse x von A aus gemessen):

$$M_x = V_A\,x - H\,h - \frac{q\,x^2}{2}$$

$$M_C = V_A\,c - H\,h - \frac{q\,c^2}{2}$$

für CD (Abszisse z von D aus gemessen):

$$M_z = V_A\,z - H \cdot \frac{h\,z}{c} - \frac{q\,z^2}{2}\,.$$

Normalkräfte:

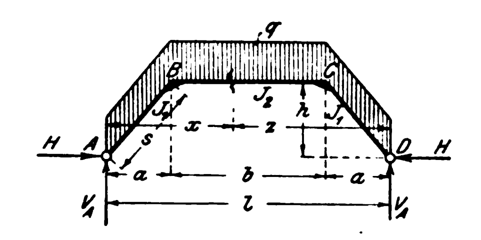
für AB: $N_x = (V_A - q\,x)\,\frac{h}{s_1} + H \cdot \frac{a}{s_1}$

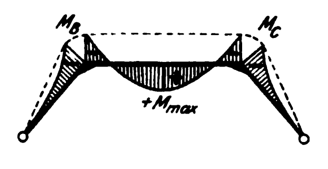
„ BC: $N = H$

„ CD: $N_z = (V_D - q\,z)\,\frac{h}{s_3} + H \cdot \frac{c}{s_3}\,.$

Zweistieliger Zweigelenkrahmen mit zwei geneigten Ständern und wagerechtem Querriegel.

Senkrechte, gleichmäßig verteilte Belastung des ganzen Rahmens (symmetrisch geneigte Ständer).





$$V_A = V_D = \frac{q\,l}{2} \qquad\qquad k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{s}{b}$$

$$H = \frac{q}{4\,h} \cdot \frac{6\,a\,(a+b) + b^2 + a\,(5\,a + 4\,b)\,k}{3 + 2\,k}.$$

Momente:

für AB u. CD (Abszisse x von A, z von D aus gemessen):

$$M_x = \frac{q\,x\,z}{2} - H \cdot \frac{h\,x}{a}$$

$$M_B = M_C = \frac{q\,a\,(a+b)}{2} - H\,h$$

für BC (Abszisse x von A, z von D aus gemessen):

$$M_x = \frac{q\,x\,z}{2} - H\,h$$

Maximamoment für BC:

$$+M_{max} = \frac{q\,l^2}{8} - H\,h.$$

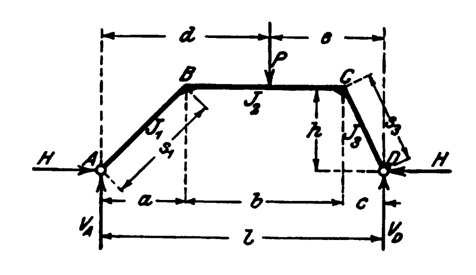
Normalkräfte:

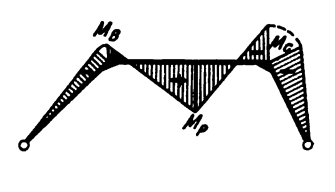
für AB u. CD: $N_x = (V_A - q\,x) \cdot \frac{h}{s} + H \cdot \frac{a}{s}$

„ BC: $N = H.$

Zweistieliger Zweigelenkrahmen mit zwei geneigten Ständern und wagerechtem Querriegel.

Senkrechte Einzellast an beliebiger Stelle des Querriegels (unsymmetrisch geneigte Ständer).





$$V_A = P \cdot \frac{e}{l}$$

$$k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{s_1}{b}\,; \quad k_1 = \frac{J_2}{J_3} \cdot \frac{s_3}{b}$$

$$V_D = P \cdot \frac{d}{l}$$

$$H = \frac{P}{2hl} \cdot \frac{\frac{3}{b}\left[e\,(dl - a^2) - dc^2\right] + 2\,aek + 2\,cdk_1}{3 + k + k_1}.$$

Momente:

in der Rahmenecke B:

$$M_B = V_A\, a - H h$$

unter der Einzellast:

$$M_P = V_A\, d - H h$$

in der Rahmenecke C:

$$M_C = V_D\, c - H h.$$

Normalkräfte:

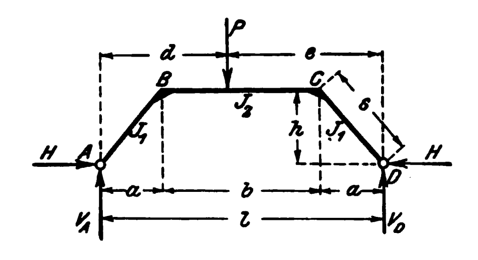
für AB: $N = V_A \cdot \frac{h}{s_1} + H \cdot \frac{a}{s_1}$

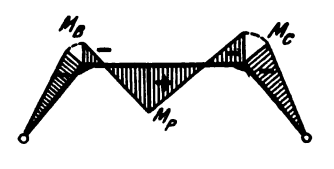
„ BC: $N = H$

„ CD: $N = V_D \cdot \frac{h}{s_3} + H \cdot \frac{c}{s_3}$.

Zweistieliger Zweigelenkrahmen mit zwei geneigten Ständern und wagerechtem Querriegel.

Senkrechte Einzellast an beliebiger Stelle des Querriegels (symmetrisch geneigte Ständer).





$$V_A = P \cdot \frac{e}{l}$$

$$k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{s}{b}$$

$$V_D = P \cdot \frac{d}{l}$$

$$H = \frac{P}{2\,h\,b} \cdot \frac{3\,(d\,e - a^2) + 2\,a\,b\,k}{3 + 2\,k}.$$

Momente:

in der Rahmenecke B:

$$M_B = V_A\,a - H\,h$$

unter der Einzellast:

$$M_P = V_A\,d - H\,h$$

in der Rahmenecke C:

$$M_C = V_D\,a - H\,h.$$

Normalkräfte:

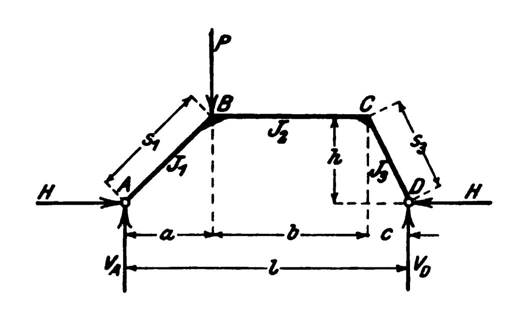
für AB: $N = V_A \cdot \frac{h}{s} + H \cdot \frac{a}{s}$

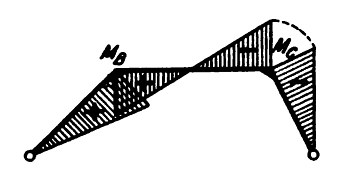
„ BC: $N = H$

„ CD: $N = V_D \cdot \frac{h}{s} + H \cdot \frac{a}{s}$.

Zweistieliger Zweigelenkrahmen mit zwei geneigten Ständern und wagerechtem Querriegel.

Senkrechte Einzellast an der stumpferen Rahmenecke (unsymmetrisch geneigte Ständer).





$$V_A = P \cdot \frac{l-a}{l} \qquad\qquad k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{s_1}{b}$$

$$V_D = P \cdot \frac{a}{l} \qquad\qquad k_1 = \frac{J_2}{J_3} \cdot \frac{s_3}{b}$$

$$H = \frac{Pa}{2\,lh} \cdot \frac{3\,(b+2\,c) + 2\,(l-a)\,k + 2\,c\,k_1}{3+k+k_1}.$$

Momente:

in der Rahmenecke B:

$$M_B = V_A\,a - H\,h$$

in der Rahmenecke C:

$$M_C = V_D\,c - H\,h.$$

Normalkräfte:

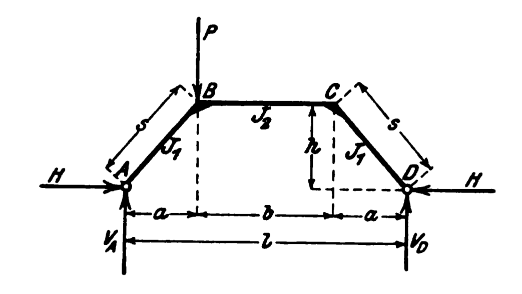
für AB: $N = V_A \cdot \frac{h}{s_1} + H \cdot \frac{a}{s_1}$

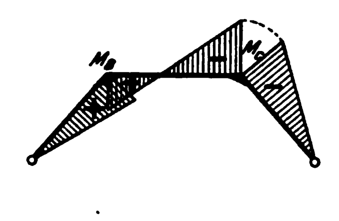
„ BC: $N = H$

„ CD: $N = V_D \cdot \frac{h}{s_3} + H \cdot \frac{c}{s_3}$.

Zweistieliger Zweigelenkrahmen mit zwei geneigten Ständern und wagerechtem Querriegel.

Senkrechte Einzellast in einer Rahmenecke (symmetrisch geneigte Ständer).





$$V_A = P \cdot \frac{l-a}{l}$$

$$k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{s}{b}$$

$$V_D = P \cdot \frac{a}{l}$$

$$H = \frac{P a}{2 h} \cdot$$

Momente:

in der Rahmenecke B:

$$M_B = \frac{P a b}{2 l}$$

in der Rahmenecke C:

$$M_C = -\frac{P a b}{2 l} \cdot$$

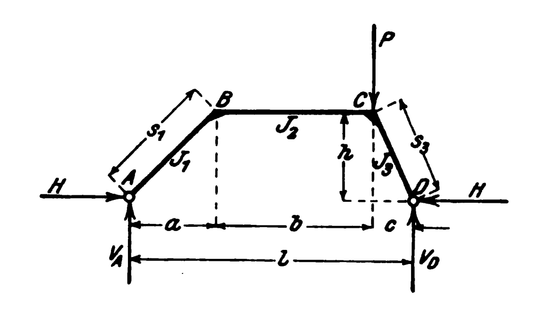
Normalkräfte:

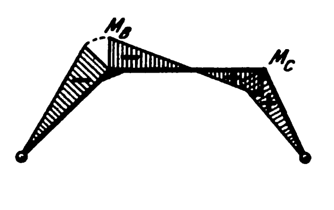
für AB: $N = V_A \cdot \frac{h}{s} + H \cdot \frac{a}{s}$

„ BC: $N = H.$

Zweistieliger Zweigelenkrahmen mit zwei geneigten Ständern und wagerechtem Querriegel.

Senkrechte Einzellast in der weniger stumpfen Rahmenecke (unsymmetrisch geneigte Ständer).





$$V_A = P \cdot \frac{c}{l} \qquad\qquad k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{s_1}{b}$$

$$V_D = P \cdot \frac{l - c}{l} \qquad\qquad k_1 = \frac{J_2}{J_3} \cdot \frac{s_3}{b}$$

$$H = \frac{P c}{2 l h} \cdot \frac{3(2a + b) + 2ak + 2(l - c)k_1}{3 + k + k_1}.$$

Momente:

in der Rahmenecke B:

$$M_B = V_A\, a - H h$$

in der Rahmenecke C:

$$M_C = V_D\, c - H h.$$

Normalkräfte:

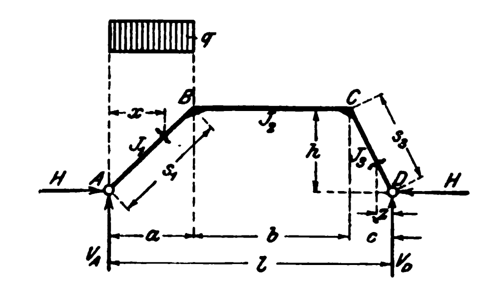
für AB: $N = V_A \cdot \frac{h}{s_1} + H \cdot \frac{a}{s_1}$

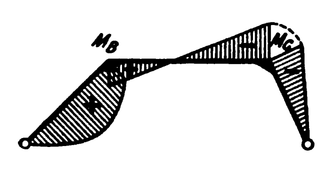
„ BC: $N = H$

„ CD: $N = V_D \cdot \frac{h}{s_3} + H \cdot \frac{c}{s_3}$.

Zweistieliger Zweigelenkrahmen mit zwei geneigten Ständern und wagerechtem Querriegel.

Senkrechte, gleichmäßig verteilte Belastung des flacher geneigten Ständers (unsymmetrisch geneigte Ständer).





$$V_A = \frac{q\,a}{2\,l}(2\,l - a) \qquad k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{s_1}{b}$$

$$V_D = \frac{q\,a^2}{2\,l} \qquad k_1 = \frac{J_2}{J_3} \cdot \frac{s_3}{b}$$

$$H = \frac{q\,a^2}{8\,l\,h} \cdot \frac{6\,(b + 2\,c) + (5\,l - 4\,a)\,k + 4\,c\,k_1}{3 + k + k_1}.$$

Momente:

für AB (Abszisse x von A aus gemessen):

$$M_x = V_A\,x - H \cdot \frac{h\,x}{a} - \frac{q\,x^2}{2}$$

$$M_B = V_D\,(l - a) - H\,h$$

für BC (Abszisse z von D aus gemessen):

$$M_z = V_D\,z - H\,h$$

$$M_C = V_D\,c - H\,h$$

für CD (Abszisse z von D aus gemessen):

$$M_z = V_D\,z - H \cdot \frac{h\,z}{c}.$$

Normalkräfte:

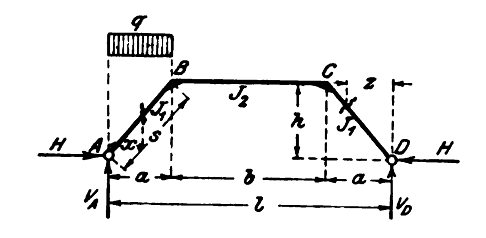
für AB: $N_x = (V_A - q\,x) \cdot \frac{h}{s_1} + H \cdot \frac{a}{s_1}$

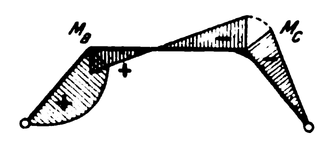
„ BC: $N = H$

„ CD: $N = V_D \cdot \frac{h}{s_3} + H \cdot \frac{c}{s_3}.$

Zweistieliger Zweigelenkrahmen mit zwei geneigten Ständern und wagerechtem Querriegel.

Senkrechte, gleichmäßig verteilte Belastung eines Ständers (symmetrisch geneigte Ständer).





$$V_A = \frac{q\,a}{2\,l} \cdot (2\,l - a) \qquad k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{s}{b}$$

$$V_D = \frac{q\,a^2}{2\,l}$$

$$H = \frac{q\,a^2}{8\,h} \cdot \frac{5\,k + 6}{2\,k + 3}.$$

Momente:

für AB (Abszisse x von A aus gemessen):

$$M_x = V_A\,x - H \cdot \frac{h\,x}{a} - \frac{q\,x^2}{2}$$

$$M_B = V_D\,(l - a) - H\,h$$

für BC (Abszisse z von D aus gemessen):

$$M_z = V_D\,z - H\,h$$

$$M_C = V_D\,a - H\,h$$

für CD (Abszisse z von D aus gemessen):

$$M_z = V_D\,z - H \cdot \frac{h\,z}{a}.$$

Normalkräfte:

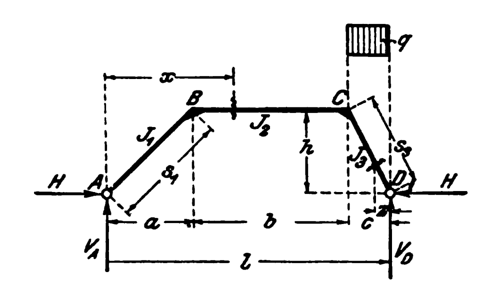
für AB: $N_x = (V_A - q\,x) \cdot \frac{h}{s_1} + H \cdot \frac{a}{s_1}$

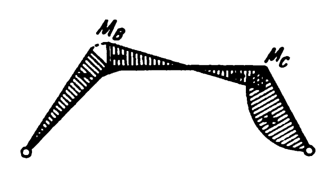
„ BC: $N = H$

„ CD: $N = V_D \cdot \frac{h}{s} + H \cdot \frac{a}{s}.$

Zweistieliger Zweigelenkrahmen mit zwei geneigten Ständern und wagerechtem Querriegel.

Senkrechte, gleichmäßig verteilte Belastung des steiler geneigten Ständers (unsymmetrisch geneigte Ständer).





$$V_A = \frac{q c^2}{2 l} \qquad\qquad k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{s_1}{b}$$

$$V_D = \frac{q c}{2 l} (2 l - c) \qquad\qquad k_1 = \frac{J_2}{J_3} \cdot \frac{s_3}{b}$$

$$H = \frac{q c^2}{8 l h} \cdot \frac{6 (b + 2 a) + 4 a k + (5 l - 4 c) k_1}{3 + k + k_1}.$$

Momente:

für AB (Abszisse x von A aus gemessen):

$$M_x = V_A x - H \cdot \frac{h x}{a}$$

$$M_B = V_A a - H h$$

für BC (Abszisse x von A aus gemessen):

$$M_x = V_A x - H h$$

$$M_C = V_A (l - c) - H h$$

für CD (Abszisse z von D aus gemessen):

$$M_z = V_D z - H \cdot \frac{h z}{c} - \frac{q z^2}{2}.$$

Normalkräfte:

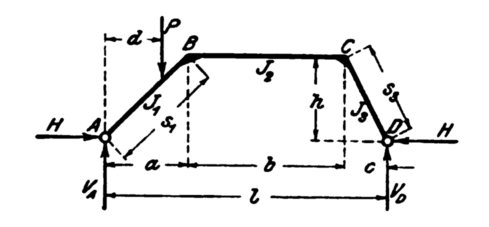
für AB: $N = V_A \cdot \frac{h}{s_1} + H \cdot \frac{a}{s_1}$

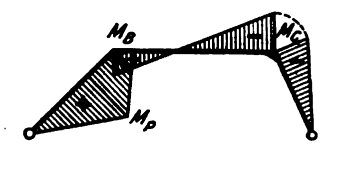
„ BC: $N = H$

„ CD: $N_z = (V_D - q z) \frac{h}{s_3} + H \cdot \frac{c}{s_3}.$

Zweistieliger Zweigelenkrahmen mit zwei geneigten Ständern und wagerechtem Querriegel.

Senkrechte Einzellast an beliebiger Stelle des flacher geneigten Ständers (unsymmetrisch geneigte Ständer).





$$V_A = P \cdot \frac{l-d}{l} \qquad k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{s_1}{b}; \quad k_1 = \frac{J_2}{J_3} \cdot \frac{s_3}{b}$$

$$V_D = P \cdot \frac{d}{l} \qquad \delta = \frac{d}{a}$$

$$H = \frac{P\,d}{2\,l\,h} \cdot \frac{3\,(b+2\,c) + (3\,l - l\,\delta^2 - 2\,a)\,k + 2\,c\,k_1}{3+k+k_1}.$$

Momente:

unter der Einzellast:

$$M_P = V_A\,d - H \cdot \frac{h\,d}{a}$$

in der Rahmenecke B:

$$M_B = V_D\,(b+c) - H\,h$$

in der Rahmenecke C:

$$M_C = V_D\,c - H\,h.$$

Normalkräfte:

für AP: $N = V_A \cdot \frac{h}{s_1} + H \cdot \frac{a}{s_1}$

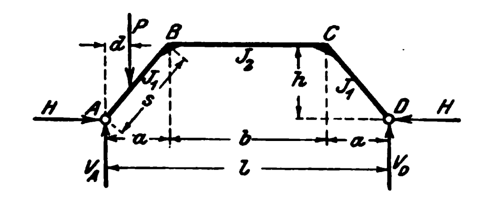
„ PB: $N = (V_A - P)\,\frac{h}{s_1} + H \cdot \frac{a}{s_1}$

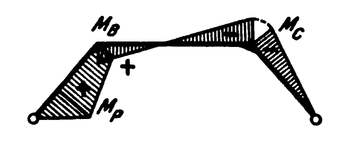
„ BC: $N = H$

„ CD: $N = V_D \cdot \frac{h}{s_3} + H \cdot \frac{c}{s_3}.$

Zweistieliger Zweigelenkrahmen mit zwei geneigten Ständern und wagerechtem Querriegel.

Senkrechte Einzellast an beliebiger Stelle eines Ständers (symmetrisch geneigte Ständer).





$$V_A = P \cdot \frac{l-d}{l}$$

$$k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{s}{b}; \qquad \delta = \frac{d}{a}$$

$$V_D = P \cdot \frac{d}{l}$$

$$H = \frac{P\,d}{2\,h} \cdot \frac{3 + (3 - \delta^2)\,k}{3 + 2\,k}.$$

Momente:

unter der Einzellast:

$$M_P = V_A\,d - H \cdot \frac{h\,d}{a}$$

in der Rahmenecke B:

$$M_B = V_D\,(l - a) - H\,h$$

in der Rahmenecke C:

$$M_C = V_D\,a - H\,h.$$

Normalkräfte:

für AP: $N = V_A \cdot \frac{h}{s} + H \cdot \frac{a}{s}$

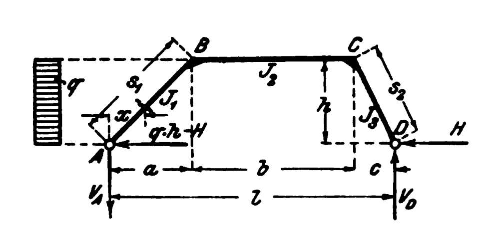
„ PB: $N = (V_A - P)\,\frac{h}{s} + H \cdot \frac{a}{s}$

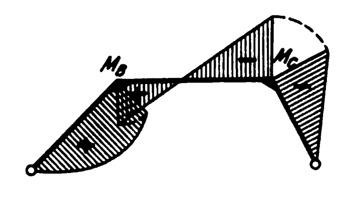
„ BC: $N = H$

„ CD: $N = V_D \cdot \frac{h}{s} + H \cdot \frac{a}{s}$.

Zweistieliger Zweigelenkrahmen mit zwei geneigten Ständern und wagerechtem Querriegel.

Wagerechte, gleichmäßig verteilte Belastung des flacher geneigten Ständers (unsymmetrisch geneigte Ständer).





$$V_A = V_D = \frac{q\,h^2}{2\,l} \qquad k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{s_1}{b}\,; \qquad k_1 = \frac{J_2}{J_3} \cdot \frac{s_3}{b}$$

$$H = \frac{q\,h}{8\,l} \cdot \frac{6\,(b+2\,c) + (5\,l - 4\,a)\,k + 4\,c\,k_1}{3 + k + k_1}.$$

Momente:

für AB (Abszisse x von A aus gemessen):

$$M_x = (q\,h - H) \cdot \frac{h\,x}{a} - V_A\,x - \frac{q\,h^2 x^2}{2\,a^2}$$

$$M_B = V_A\,(l - a) - H\,h$$

$$M_C = V_A\,c - H\,h.$$

Normalkräfte:

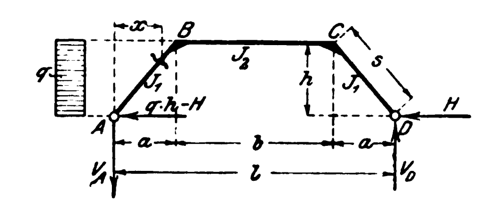
für AB: $N_x = -V_A \cdot \frac{h}{s_1} - \left(q\,h - H - \frac{q\,h\,x}{a}\right) \frac{a}{s_1}$

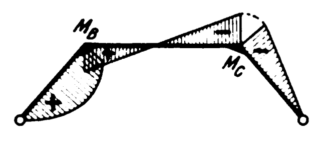
„ BC: $N = +H$

„ CD: $N = +V_A \cdot \frac{h}{s_3} + H \cdot \frac{c}{s_3}$.

Zweistieliger Zweigelenkrahmen mit zwei geneigten Ständern und wagerechtem Querriegel.

Wagerechte, gleichmäßig verteilte Belastung eines Ständers (symmetrisch geneigte Ständer).





$$V_A = V_D = \frac{q h^2}{2 l}$$

$$k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{s}{b}$$

$$H = \frac{q h}{8} \cdot \frac{6 + 5 k}{3 + 2 k}.$$

Momente:

für AB (Abszisse x von A aus gemessen):

$$M_x = (q h - H) \frac{h x}{a} - V_A x - \frac{q h^2 x^2}{2 a^2}.$$

$$M_B = V_A (l - a) - H h$$

$$M_C = V_A a - H h.$$

Normalkräfte:

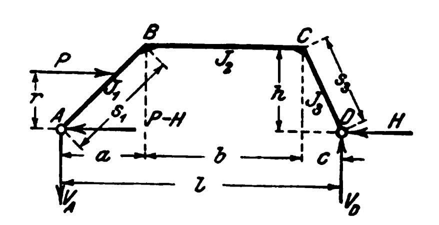
für AB: $N_x = - V_A \cdot \frac{h}{s} - \left(q h - H - \frac{q h x}{a}\right) \frac{a}{s}$

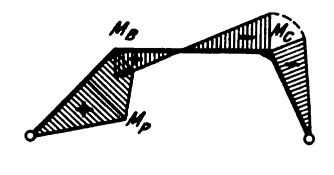
„ BC: $N = + H$

„ CD: $N = V_A \cdot \frac{h}{s} + H \cdot \frac{a}{s}.$

Zweistieliger Zweigelenkrahmen mit zwei geneigten Ständern und wagerechtem Querriegel.

Wagerechte Einzellast an beliebiger Stelle des flacher geneigten Ständers (unsymmetrisch geneigte Ständer).





$$V_A = V_D = P \cdot \frac{r}{l} \qquad k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{s_1}{b}; \quad k_1 = \frac{J_2}{J_3} \cdot \frac{s_3}{b}; \quad \delta = \frac{r}{h}$$

$$H = \frac{P\delta}{2l} \cdot \frac{3(b + 2c) + (3l - 2a - l\delta^2)k + 2ck_1}{3 + k + k_1}.$$

Momente:

an der Lastangriffsstelle:

$$M_P = (P - H)r - V_A a \delta$$

in der Rahmenecke B:

$$M_B = V_A (l - a) - Hh$$

in der Rahmenecke C:

$$M_C = V_A c - Hh.$$

Normalkräfte:

für AP: $N = -V_A \cdot \frac{h}{s_1} - (P - H)\frac{a}{s_1}$

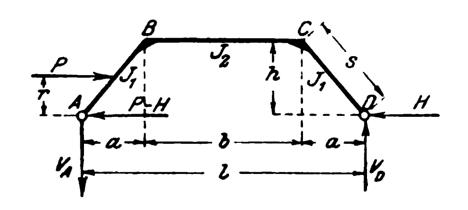
„ PB: $N = -V_A \cdot \frac{h}{s_1} + H \cdot \frac{a}{s_1}$

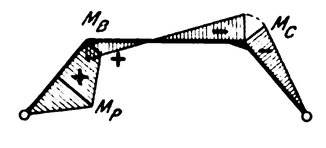
„ BC: $N = +H$

„ CD: $N = +V_A \cdot \frac{h}{s_3} + H \cdot \frac{c}{s_3}$.

Zweistieliger Zweigelenkrahmen mit zwei geneigten Ständern und wagerechtem Querriegel.

Wagerechte Einzellast an beliebiger Stelle eines Ständers (symmetrisch geneigte Ständer).





$$V_A = V_D = P \cdot \frac{r}{l} \qquad k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{s}{b}; \qquad \delta = \frac{r}{h}$$

$$H = \frac{P\delta}{2} \cdot \frac{3 + (3 - \delta^2)\,k}{3 + 2\,k}.$$

Momente:

an der Lastangriffsstelle:

$$M_P = (P - H)\,r - V_A\,a\,\delta$$

in der Rahmenecke B:

$$M_B = V_A\,(l - a) - H\,h$$

in der Rahmenecke C:

$$M_C = V_A\,a - H\,h.$$

Normalkräfte:

für AP: $\quad N = -V_A \cdot \frac{h}{s} - (P - H)\,\frac{a}{s}$

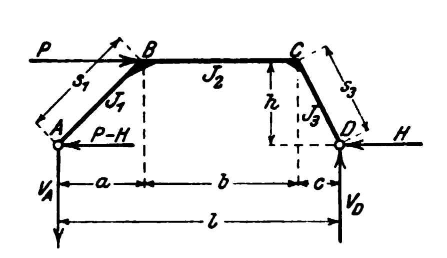
„ PB: $\quad N = -V_A \cdot \frac{h}{s} + H \cdot \frac{a}{s}$

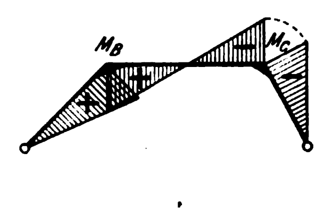
„ BC: $\quad N = H$

„ CD: $\quad N = V_A \cdot \frac{h}{s} + H \cdot \frac{a}{s}$.

Zweistieliger Zweigelenkrahmen mit zwei geneigten Ständern und wagerechtem Querriegel.

Wagerechte Einzellast an der stumpferen Rahmenecke (unsymmetrisch geneigte Ständer).





$$V_A = V_D = P \cdot \frac{h}{l} \qquad k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{s_1}{b}$$

$$H = \frac{P}{2l} \cdot \frac{3(b + 2c) + 2(l - a)k + 2ck_1}{3 + k + k_1} \qquad k_1 = \frac{J_2}{J_3} \cdot \frac{s_3}{b}.$$

Momente:

in der Rahmenecke B:

$$M_B = V_A(l - a) - Hh$$

in der Rahmenecke C:

$$M_C = V_A c - Hh.$$

Normalkräfte:

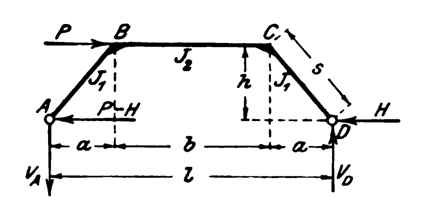
für AB: $\quad N = -V_A \cdot \frac{h}{s_1} - (P - H)\frac{a}{s_1}$

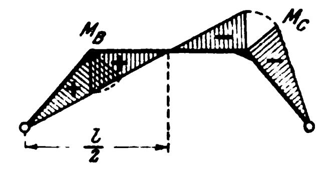
„ BC: $\quad N = +H$

„ CD: $\quad N = +V_A \cdot \frac{h}{s_3} + H \cdot \frac{c}{s_3}.$

Zweistieliger Zweigelenkrahmen mit zwei geneigten Ständern und wagerechtem Querriegel.

Wagerechte Einzellast an einer Rahmenecke (symmetrisch geneigte Ständer).





$$V_A = V_D = P \cdot \frac{h}{l} \qquad k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{s}{b}$$

$$H = \frac{P}{2}.$$

Momente:

in der Rahmenecke B:

$$M_B = \frac{P h b}{2 l}$$

in der Rahmenecke C:

$$M_C = -\frac{P h b}{2 l}.$$

Normalkräfte:

für AB: $\quad N = -V_A \cdot \frac{h}{s} - (P - H)\frac{a}{s}$

„ BC: $\quad N = +H$

„ CD: $\quad N = V_A \cdot \frac{h}{s} + H \cdot \frac{a}{s}.$

VI.

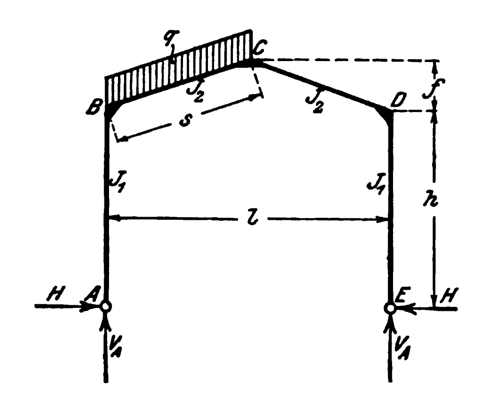
Zweistielige Zweigelenkrahmen

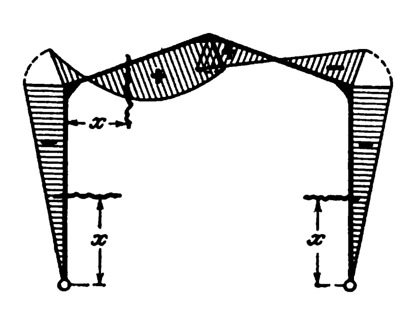
mit senkrechten Ständern und satteldachförmigem Querriegel.

11 Fälle.

Zweistieliger Zweigelenkrahmen mit senkrechten Ständern und satteldachförmigem Querriegel.

Senkrechte, gleichmäßig verteilte Belastung des halben Querriegels.





$$V_A = \frac{3\,q\,l}{8} \qquad\qquad k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{h}{s}$$

$$V_E = \frac{q\,l}{8}$$

$$H = \frac{q\,l^2}{64} \cdot \frac{8\,h + 5\,f}{h^2\,(3 + k) + f\,(3\,h + f)}.$$

Moment an einer beliebigen Stelle des Ständers AB bezw. DE im Abstand x von A bezw. E:

$$M_x = -\,H\,x$$

$$M_B = -\,H\,h.$$

Moment an einer beliebigen Stelle der belasteten Querriegelhälfte BC im wagerecht gemessenen Abstand x von B:

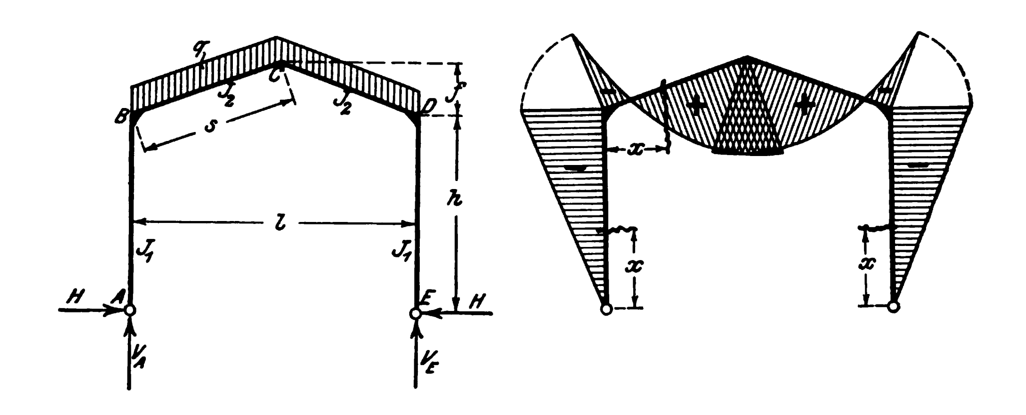
$$M_x = V_A\,x - H\left(h + \frac{2\,f\,x}{l}\right)$$

$$M_C = V_E \cdot \frac{l}{2} - H\,(h + f)$$

$$M_D = -\,H\,h.$$

Zweistieliger Zweigelenkrahmen mit senkrechten Ständern und satteldachförmigem Querriegel.

Senkrechte, gleichmäßig verteilte Belastung des ganzen Querriegels.



$$V_A = V_E = \frac{q\,l}{2} \qquad k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{h}{s}$$

$$H = \frac{q\,l^2}{32} \cdot \frac{8\,h + 5\,f}{h^2\,(3 + k) + f\,(3\,h + f)}.$$

Moment an einer beliebigen Stelle der Ständer im Abstand x von A bezw. E:

$$M_x = -\,H\,x$$

$$M_B = -\,H\,h.$$

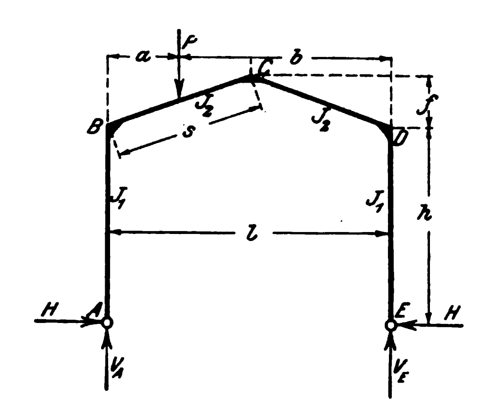
Moment an einer beliebigen Stelle des Querriegels im Abstand x von B:

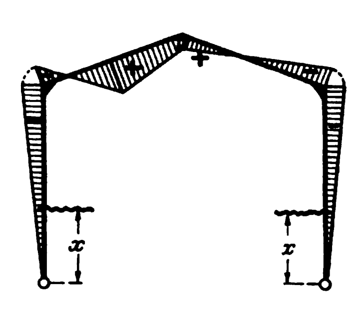
$$M_x = \frac{q\,x}{2}\,(l - x) - H\left(h + \frac{2\,f\,x}{l}\right)$$

$$M_C = \frac{q\,l^2}{8} - H\,(h + f).$$

Zweistieliger Zweigelenkrahmen mit senkrechten Ständern und satteldachförmigem Querriegel.

Senkrechte Einzellast an beliebiger Stelle des Querriegels.





$$V_A = \frac{Pb}{l}$$

$$k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{h}{s}$$

$$V_E = \frac{Pa}{l}$$

$$H = \frac{Pa}{4\,l^2} \cdot \frac{6\,b\,l\,h + f(3\,l^2 - 4\,a^2)}{h^2(3+k) + f(3\,h + f)}.$$

Moment an einer beliebigen Stelle der Ständer im Abstand x von A bezw. E:

$$M_x = -Hx$$

$$M_B = -Hh.$$

Moment unter der Einzellast:

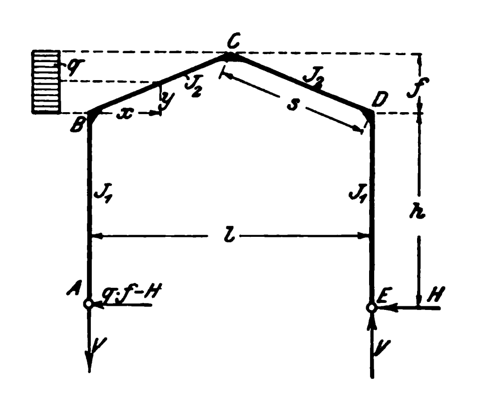
$$M_P = V_A\,a - H\left(h + \frac{2\,f\,a}{l}\right)$$

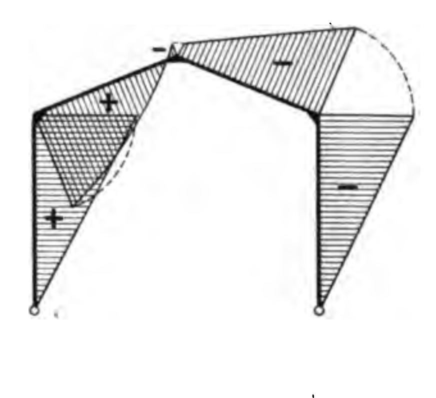
$$M_C = \frac{Pa}{2} - H(h + f)$$

$$M_D = -Hh.$$

Zweistieliger Zweigelenkrahmen mit senkrechten Ständern und satteldachförmigem Querriegel.

Wagerechte, gleichmäßig verteilte einseitige Belastung des Querriegels.





$$V = \frac{qf(2h+f)}{2l} \qquad k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{h}{s}$$

$$H = \frac{qf}{16} \cdot \frac{8h^2(k+3)+5f(4h+f)}{h^2(3+k)+f(3h+f)}.$$

Momente:

$$M_B = (P - H)\,h$$

in BC (Abszisse x und Ordinate y von B aus gemessen):

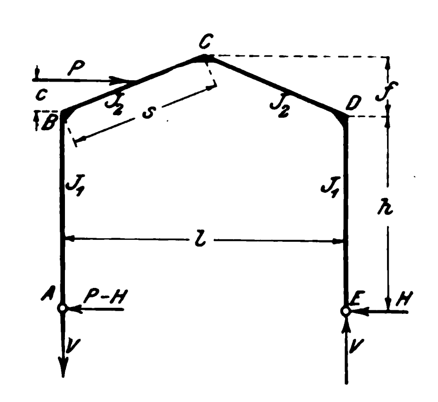
$$\text{in } BC\text{:}\quad M_x = (P - H)(h+y) - Vx - \frac{qy^2}{2}$$

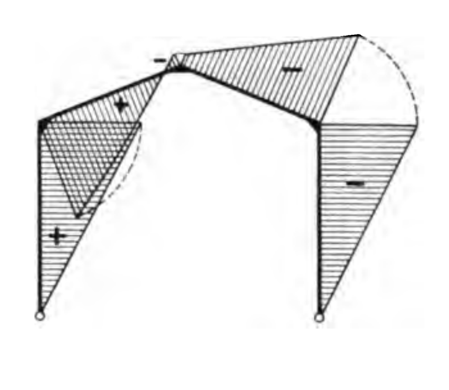
$$M_C = V \cdot \frac{l}{2} - H(h+f)$$

$$M_D = -Hh$$

Zweistieliger Zweigelenkrahmen mit senkrechten Ständern und satteldachförmigem Querriegel.

Wagerechte Einzellast an beliebiger Stelle des Querriegels.





$$k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{h}{s}$$

$$V = \frac{P(h+c)}{l}$$

$$H = \frac{P}{4} \cdot \frac{2kh^2 + 3(h+c)(2h+f) - \frac{c^2}{f}(3h+c)}{h^2(3+k) + f(3h+f)}$$

Momente:

$$M_B = (P-H)h$$

$$M_P = (P-H)(h+c) - \frac{P(c+h)c}{2f}$$

$$M_C = \frac{P(c+h)}{2} - H(h+f)$$

$$M_D = -Hh.$$

Für $c = f$:

$$V = \frac{P(h+f)}{l}$$

$$H = \frac{P}{2}$$

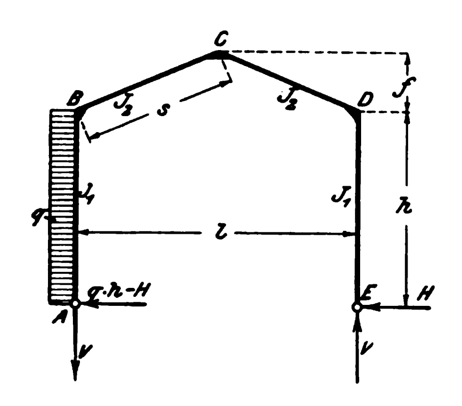
$$M_B = \frac{P}{2} \cdot h$$

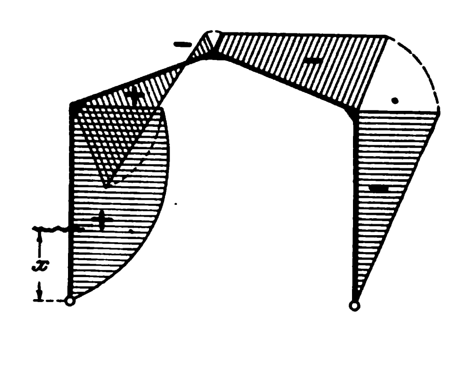
$$M_C = 0$$

$$M_D = -\frac{P}{2} \cdot h.$$

Zweistieliger Zweigelenkrahmen mit senkrechten Ständern und satteldachförmigem Querriegel.

Wagerechte, gleichmäßig verteilte Belastung eines Ständers auf dessen ganze Höhe.





$$V = \frac{q h^2}{2 l} \qquad k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{h}{s}$$

$$H = \frac{q h^2}{16} \cdot \frac{5 h k + 6 (2 h + f)}{h^2 (3 + k) + f (3 h + f)}.$$

Momente:

in AB (Ordinate x von A aus gemessen):

$$M_x = (q h - H) x - \frac{q x^2}{2}$$

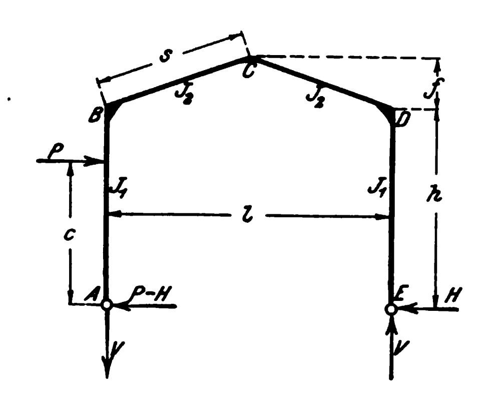
$$M_B = \frac{q h^2}{2} - H h$$

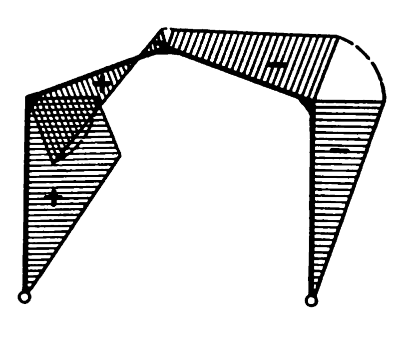
$$M_C = \frac{q h^2}{4} - H (h + f)$$

$$M_D = - H h.$$

Zweistieliger Zweigelenkrahmen mit senkrechten Ständern und satteldachförmigem Querriegel.

Wagerechte Einzellast an beliebiger Stelle eines Ständers.





$$V = \frac{Pc}{l} \qquad k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{h}{s}$$

$$H = \frac{Pc}{4} \cdot \frac{k\left(3h - \frac{c^2}{h}\right) + 3(2h + f)}{h^2(3 + k) + f(3h + f)}.$$

Momente:

$$M_P = (P - H)\,c$$

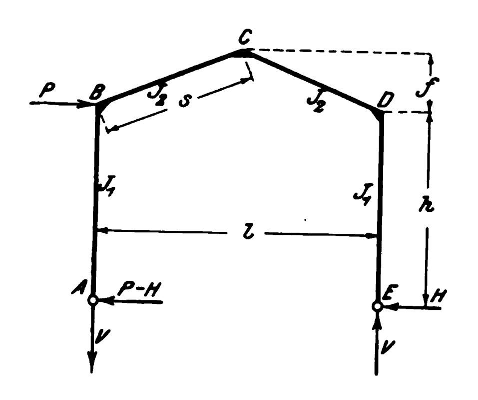
$$M_B = Pc - Hh$$

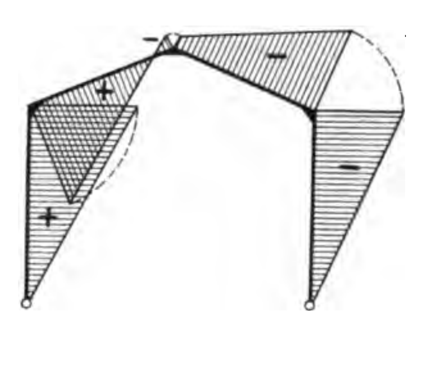
$$M_C = \frac{Pc}{2} - H(h + f)$$

$$M_D = -Hh.$$

Zweistieliger Zweigelenkrahmen mit senkrechten Ständern und satteldachförmigem Querriegel.

Wagerechte Einzellast an einer Rahmenecke.





$$V = \frac{Ph}{l}$$

$$k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{h}{s}$$

$$H = \frac{Ph}{4} \cdot \frac{2hk + 3(2h + f)}{h^2(3 + k) + f(3h + f)}.$$

Momente:

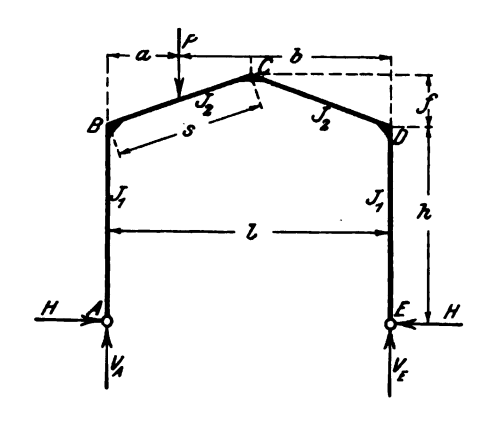
$$M_B = (P - H)\,h$$

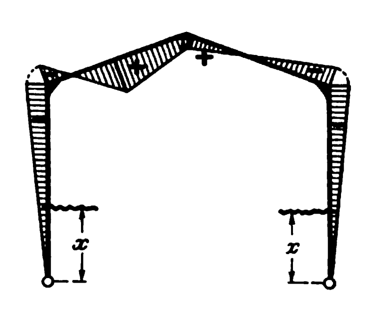
$$M_C = \frac{Ph}{2} - H(h + f)$$

$$M_D = -Hh.$$

Zweistieliger Zweigelenkrahmen mit senkrechten Ständern und satteldachförmigem Querriegel.

Senkrechte Einzellast an beliebiger Stelle des Querriegels.





$$V_A = \frac{Pb}{l}$$

$$V_E = \frac{Pa}{l}$$

$$H = \frac{Pa}{4\,l^2} \cdot \frac{6\,blh + f(3\,l^2 - 4\,a^2)}{h^2(3+k) + f(3\,h + f)}.$$

$$k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{h}{s}$$

Moment an einer beliebigen Stelle der Ständer im Abstand x von A bezw. E:

$$M_x = -Hx$$

$$M_B = -Hh.$$

Moment unter der Einzellast:

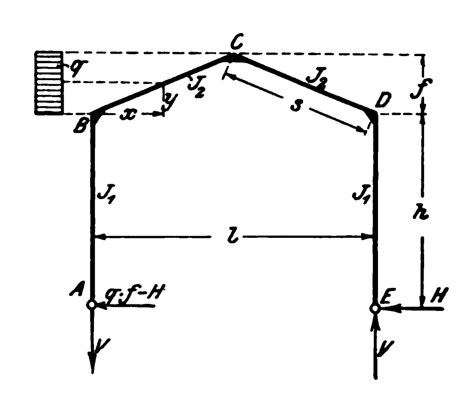
$$M_P = V_A\,a - H\left(h + \frac{2\,fa}{l}\right)$$

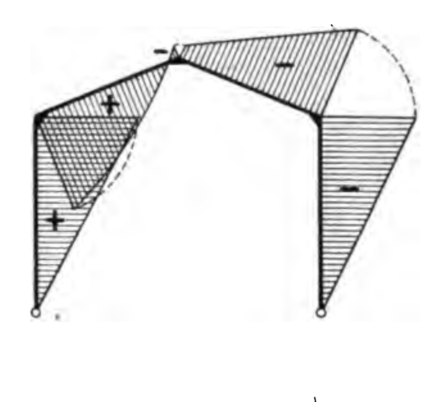
$$M_C = \frac{Pa}{2} - H(h+f)$$

$$M_D = -Hh.$$

Zweistieliger Zweigelenkrahmen mit senkrechten Ständern und satteldachförmigem Querriegel.

Wagerechte, gleichmäßig verteilte einseitige Belastung des Querriegels.





$$V = \frac{q f (2h + f)}{2l} \qquad k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{h}{s}$$

$$H = \frac{q f}{16} \cdot \frac{8h^2 (k + 3) + 5 f (4h + f)}{h^2 (3 + k) + f (3h + f)}$$

Momente:

$$M_B = (P - H) h$$

in BC (Abszisse x und Ordinate y von B aus gemessen):

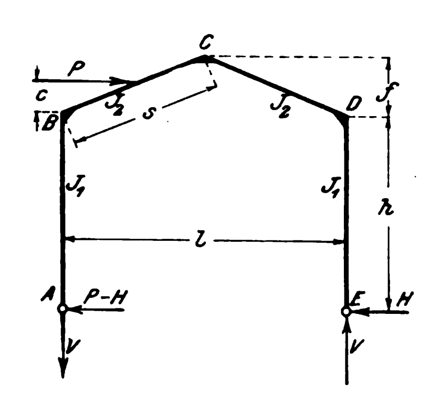
$$\text{in } BC\text{:} \quad M_x = (P - H)(h + y) - Vx - \frac{q y^2}{2}$$

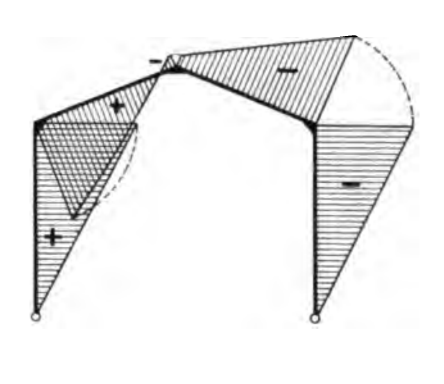
$$M_C = V \cdot \frac{l}{2} - H(h + f)$$

$$M_D = - H h$$

Zweistieliger Zweigelenkrahmen mit senkrechten Ständern und satteldachförmigem Querriegel.

Wagerechte Einzellast an beliebiger Stelle des Querriegels.





$$k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{h}{s}$$

$$V = \frac{P(h+c)}{l}$$

$$H = \frac{P}{4} \cdot \frac{2kh^2 + 3(h+c)(2h+f) - \frac{c^2}{f}(3h+c)}{h^2(3+k) + f(3h+f)}$$

Momente:

$$M_B = (P - H)h$$

$$M_P = (P - H)(h + c) - \frac{P(c+h)c}{2f}$$

$$M_C = \frac{P(c+h)}{2} - H(h+f)$$

$$M_D = -Hh.$$

Für $c = f$:

$$V = \frac{P(h+f)}{l}$$

$$H = \frac{P}{2}$$

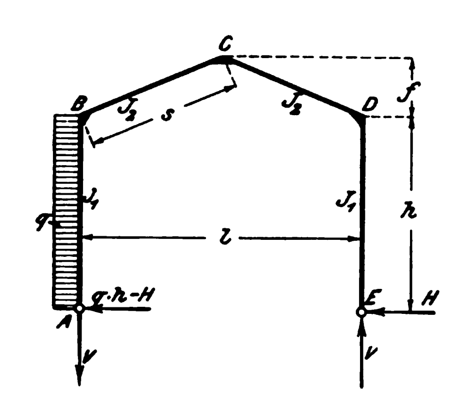
$$M_B = \frac{P}{2} \cdot h$$

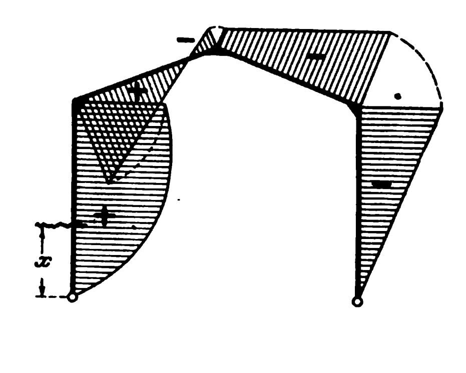
$$M_C = 0$$

$$M_D = -\frac{P}{2} \cdot h.$$

Zweistieliger Zweigelenkrahmen mit senkrechten Ständern und satteldachförmigem Querriegel.

Wagerechte, gleichmäßig verteilte Belastung eines Ständers auf dessen ganze Höhe.





$$V = \frac{qh^2}{2\,l} \qquad\qquad k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{h}{s}$$

$$H = \frac{qh^2}{16} \cdot \frac{5\,h\,k + 6\,(2\,h + f)}{h^2\,(3 + k) + f\,(3\,h + f)}.$$

Momente:

in AB (Ordinate x von A aus gemessen):

$$M_x = (q\,h - H)\,x - \frac{q\,x^2}{2}$$

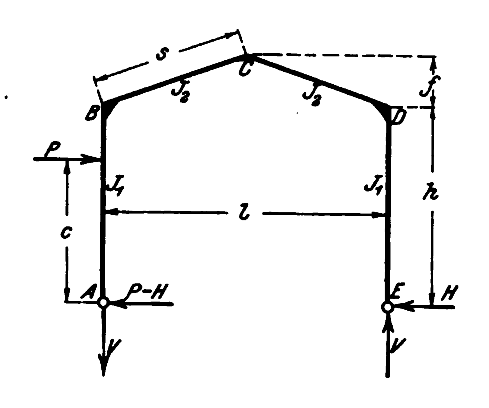
$$M_B = \frac{q\,h^2}{2} - H\,h$$

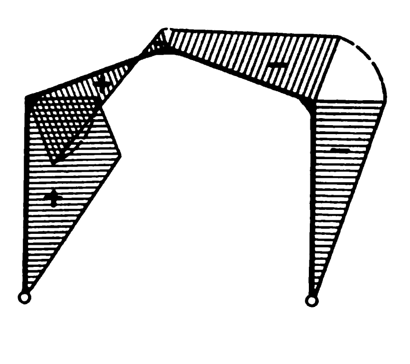
$$M_C = \frac{q\,h^2}{4} - H\,(h + f)$$

$$M_D = -\,H\,h.$$

Zweistieliger Zweigelenkrahmen mit senkrechten Ständern und satteldachförmigem Querriegel.

Wagerechte Einzellast an beliebiger Stelle eines Ständers.





$$V = \frac{Pc}{l} \qquad k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{h}{s}$$

$$H = \frac{Pc}{4} \cdot \frac{k\left(3h - \frac{c^2}{h}\right) + 3(2h + f)}{h^2(3 + k) + f(3h + f)}.$$

Momente:

$$M_P = (P - H)\,c$$

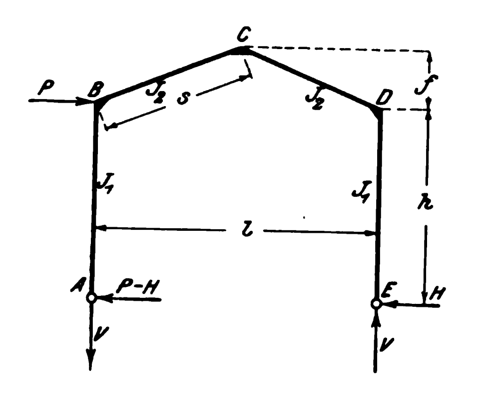
$$M_B = Pc - Hh$$

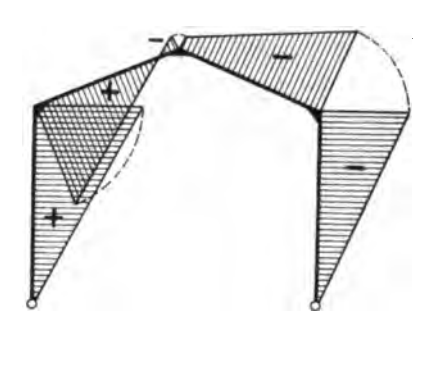
$$M_C = \frac{Pc}{2} - H(h + f)$$

$$M_D = -Hh.$$

Zweistieliger Zweigelenkrahmen mit senkrechten Ständern und satteldachförmigem Querriegel.

Wagerechte Einzellast an einer Rahmenecke.





$$V = \frac{Ph}{l}$$

$$k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{h}{s}$$

$$H = \frac{Ph}{4} \cdot \frac{2hk + 3(2h + f)}{h^2(3 + k) + f(3h + f)}.$$

Momente:

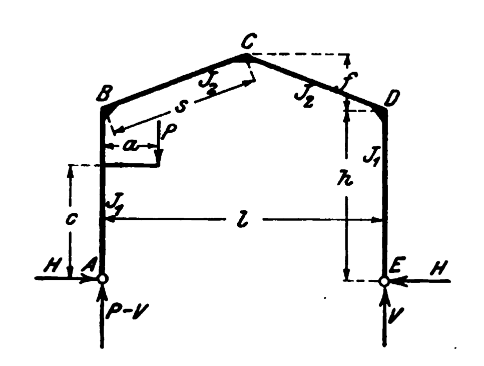
$$M_B = (P - H)\,h$$

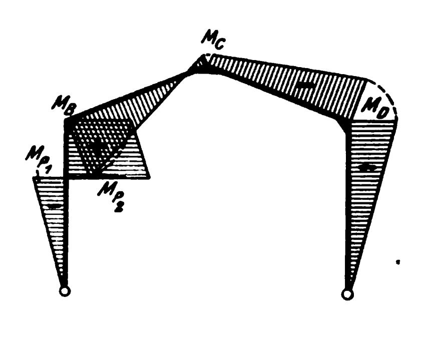
$$M_C = \frac{Ph}{2} - H(h + f)$$

$$M_D = -Hh.$$

Zweistieliger Zweigelenkrahmen mit senkrechten Ständern und satteldachförmigem Querriegel.

Innenkonsole an einem Ständer mit Einzellast.





$$V = \frac{P\,a}{l} \qquad\qquad k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{h}{s}$$

$$H = \frac{3\,P\,a}{4\,h} \cdot \frac{k\,(h^2 - c^2) + h\,(2\,h + f)}{h^2\,(3 + k) + f\,(3\,h + f)}.$$

Momente:

$$M_{P_1} = -H\,c$$

$$M_{P_2} = P\,a - H\,c$$

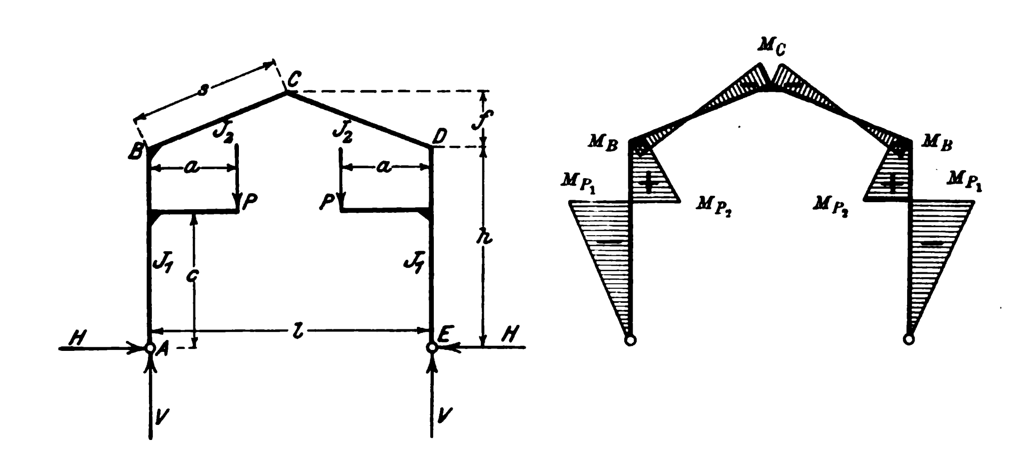
$$M_B = P\,a - H\,h$$

$$M_C = P \cdot \frac{a}{2} - H\,(h + f)$$

$$M_D = -H\,h.$$

Zweistieliger Zweigelenkrahmen mit senkrechten Ständern und satteldachförmigem Querriegel.

Innenkonsolen an beiden Ständern mit Einzellasten.



$$V = P \qquad\qquad k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{h}{s}$$

$$H = \frac{3\,P\,a}{2\,h} \cdot \frac{k\,(h^2 - c^2) + h\,(2\,h + f)}{h^2\,(3 + k) + f\,(3\,h + f)}\,.$$

Momente:

$M_{P_1} = -\,H\,c$ (dicht unterhalb der Konsole)

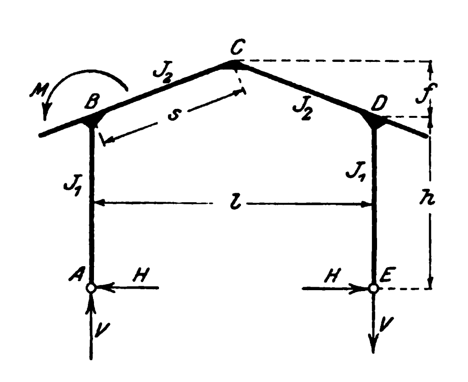
$M_{P_2} = P\,a - H\,c$ (dicht oberhalb der Konsole)

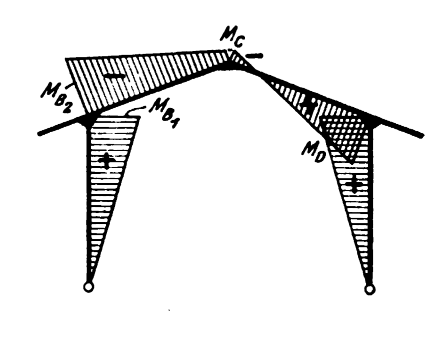
$M_B = M_D = P\,a - H\,h$

$M_C = P\,a - H\,(h + f).$

Zweistieliger Zweigelenkrahmen mit senkrechten Ständern und satteldachförmigem Querriegel.

Angriffsmoment in einer Rahmenecke.





$$V = \frac{M}{l} \qquad k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{h}{s}$$

$$H = \frac{3\,M}{4} \cdot \frac{2\,h + f}{h^2\,(3 + k) + f\,(3\,h + f)}.$$

Momente:

$$M_{B_1} = H\,h$$

$$M_{B_2} = H\,h - M$$

$$M_C = H\,(h + f) - \frac{M}{2}$$

$$M_D = H\,h.$$

VII.

Zweistielige Zweigelenkrahmen

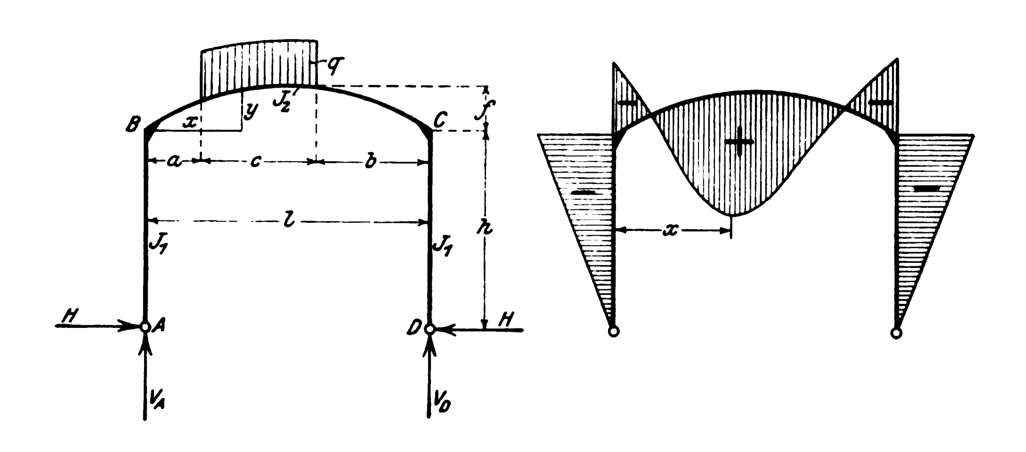
mit senkrechten Ständern und parabolischem Querriegel.

11 Fälle.

Bemerkung: In sämtlichen Formeln dieses Abschnitts ist angenommen worden, daß $\frac{ds}{J}$ für den Querriegel konstant ist.

Zweistieliger Zweigelenkrahmen mit senkrechten Ständern und parabolischem Querriegel.

Senkrechte, gleichmäßig verteilte Streckenbelastung des Querriegels in beliebiger Lage.



$$V_A = \frac{q\,c}{2\,l}\,(2\,b + c) \qquad k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{h}{l}\,; \quad y = \frac{4\,f}{l^2} \cdot x\,(l - x)$$

$$V_D = \frac{q\,c}{2\,l}\,(2\,a + c)$$

$$H = \frac{q\,c}{4\,l^3} \cdot \frac{5\,c\,l(3\,l^2 h + 2\,l^2 f - 2\,c\,h\,l - 2\,c^2 f) + 4\,c^4 f + 10\,a\,(3\,h\,l^3 + 2\,f\,l^3 - 3\,c\,h\,l^2 -}{5\,h^2\,(2\,k + 3) + 4\,f\,(5\,h + 2\,f)}$$

(Fortsetzung des Zählers) $-4\,c^2 f\,l + 2\,c^3 f) - 10\,a^2\,(3\,h\,l^2 + 6\,c\,f\,l - 4\,c^2 f) - 20\,a^3 f\,(2\,l - 2\,c - a).$

Momente (Abszisse x und Ordinate y von B aus gemessen):

in den Rahmenecken:

$$M_B = M_C = -\,H\,h$$

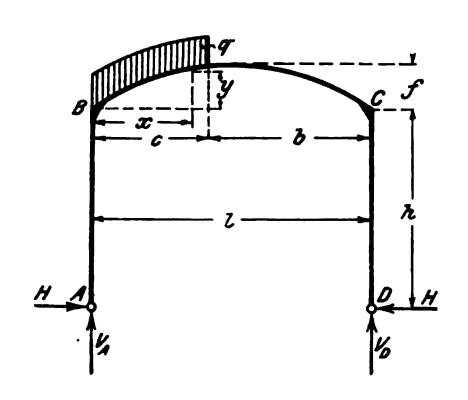
für die Strecke a: $M_x = V_A\,x - H\,(h + y)$

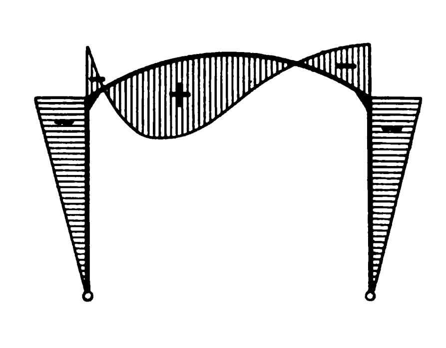
„ „ „ c: $M_x = V_A\,x - H\,(h + y) - \frac{q}{2}\,(x - a)^2$

„ „ „ b: $M_x = V_D\,(l - x) - H\,(h + y).$

Zweistieliger Zweigelenkrahmen mit senkrechten Ständern und parabolischem Querriegel.

Senkrechte, gleichmäßig verteilte Belastung des Querriegels an dessen einem Ende.





$$y = \frac{4f}{l^2} \cdot x(l-x); \quad k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{h}{l}.$$

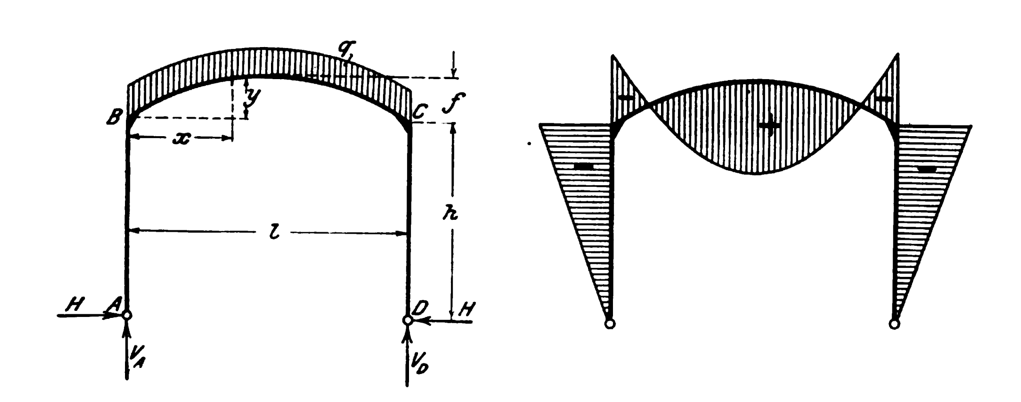
$c < \frac{l}{2}$	$c = \frac{l}{2}$
$V_A = \frac{qc}{2l}(2l-c)$	$V_A = \frac{3ql}{8}$
$V_D = \frac{qc^2}{2l}$	$V_D = \frac{ql}{8}$
$H = \frac{qc}{4l^3} \cdot \frac{5cl^3(3h+2f) - 2c^3f(5l-2c) - 10c^2hl^2}{5h^2(2k+3) + 4f(5h+2f)}$	$H = \frac{ql^2}{8} \cdot \frac{5h+4f}{5h^2(2k+3)+4f(5h+2f)}.$

Momente (Abszisse x und Ordinate y von B aus gemessen):

	$c < \frac{l}{2}$	$c = \frac{l}{2}$
	$M_B = M_C = -Hh$	$M_B = M_C = -Hh$
für c:	$M_x = \frac{qx}{2}\left(2c - x - \frac{c^2}{l}\right) - H(h+y)$	$M_x = \frac{qx}{8}(3l-4x) - H(h+y)$
„ $x = c$:	$M_C = \frac{qc^2}{2l}(l-c) - H(h+y_c)$	$M_C = \frac{ql^2}{16} - H(h+f)$
„ b:	$M_x = \frac{qc^2}{2l}(l-x) - H(h+y)$	$M_x = \frac{ql}{8}(l-x) - H(h+y).$

Zweistieliger Zweigelenkrahmen mit senkrechten Ständern und parabolischem Querriegel.

Senkrechte, gleichmäßig verteilte Belastung des ganzen Querriegels.



$$V_A = V_D = \frac{q\,l}{2} \qquad k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{h}{l}; \qquad y = \frac{4f}{l^2} \cdot x(l - x)$$

$$H = \frac{q\,l^2}{4} \cdot \frac{5h + 4f}{5h^2(2k + 3) + 4f(5h + 2f)}.$$

Momente:

in den Rahmenecken:

$$M_B = M_C = -Hh$$

für BC (Abszisse x und Ordinate y von B aus gemessen):

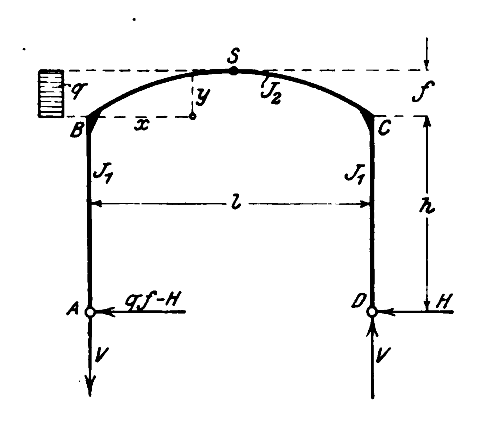
$$M_x = \frac{q\,x}{2}(l - x) - H(h + y)$$

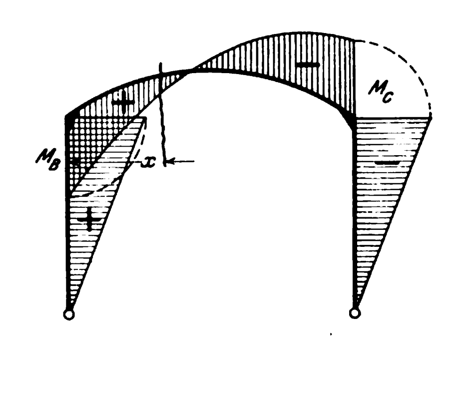
Maximalmoment in der Mitte des Querriegels:

$$+M_{max} = \frac{q\,l^2}{8} - H(h + f).$$

Zweistieliger Zweigelenkrahmen mit senkrechten Ständern und parabolischem Querriegel.

Wagerechte, gleichmäßig verteilte Belastung des halben Querriegels.





$$V = \frac{q f (2h + f)}{2l} \qquad k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{h}{l}; \qquad y = \frac{4f}{l^2} \cdot x (l - x)$$

$$H = \frac{q f}{28} \cdot \frac{70 h^2 (2k + 3) + f (273 h + 64 f)}{5 h^2 (2k + 3) + 4 f (5h + 2f)}.$$

Momente (Abszisse x und Ordinate y von B aus gemessen):

$$M_B = (q f - H) h$$

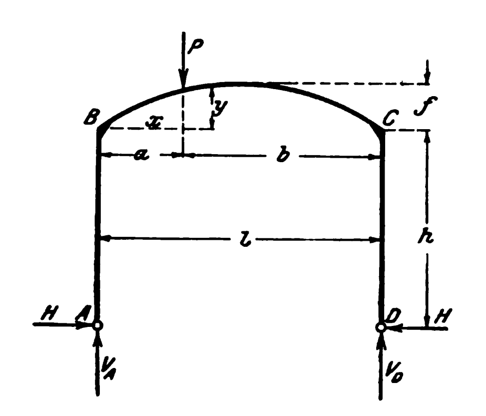
für BS: $M_x = (q f - H)(h + y) - V x - \frac{q y^2}{2}$

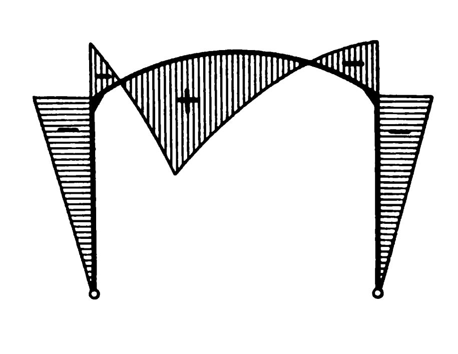
„ SC: $M_x = V(l - x) - H(h + y)$

$$M_C = -H h.$$

Zweistieliger Zweigelenkrahmen mit senkrechten Ständern und parabolischem Querriegel.

Senkrechte Einzellast an beliebiger Stelle des Querriegels.





$$V_A = \frac{P\,b}{l} \qquad\qquad k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{h}{l}$$

$$V_D = \frac{P\,a}{l} \qquad\qquad y = \frac{4\,f}{l^2} \cdot x\,(l - x)$$

$$H = \frac{5\,P\,a}{2\,l^3} \cdot \frac{3\,b\,h\,l^2 + 2\,f\,l^3 - 4\,f\,a^2\,l + 2\,f\,a^3}{5\,h^2\,(2\,k + 3) + 4\,f\,(5\,h + 2\,f)}.$$

Momente:

in den Rahmenecken:

$$M_B = M_C = -\,H\,h$$

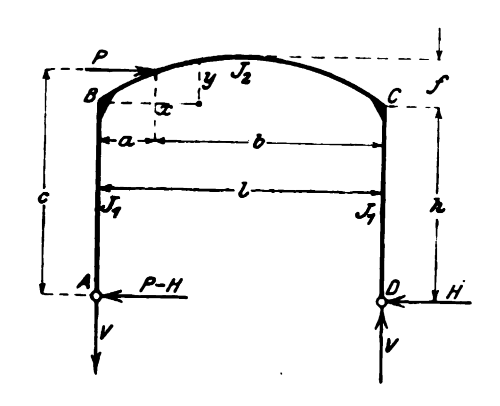
im Querriegel:

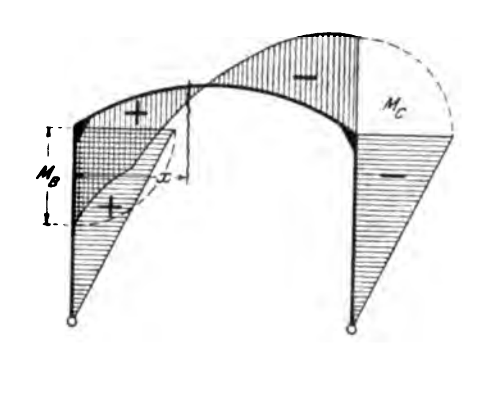
$$M_x = M_0 - H\,(h + y)$$

(M_0 = Moment des freiaufliegenden Trägers BC).

Zweistieliger Zweigelenkrahmen mit senkrechten Ständern und parabolischem Querriegel.

Wagerechte Einzellast an beliebiger Stelle des Querriegels.





$$k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{h}{l}$$

$$y = \frac{4f}{l^2} \cdot x(l - x)$$

$$V = P \cdot \frac{c}{l} \qquad \alpha = \frac{a}{l} = \frac{1}{2} \pm \sqrt{\frac{h + f - c}{4f}}$$

$$H = \frac{P}{2} \cdot \frac{h^2(10k + 7 + 13\alpha) + 4hf(1 + 9\alpha) + 23\alpha f^2 - 6hc(\alpha - 1) - 2cf(8\alpha - 3) - c^2(7\alpha - 2)}{5h^2(2k + 3) + 4f(5h + 2f)}$$

Momente:

in der Rahmenecke B: $M_B = +(P - H)\,h$

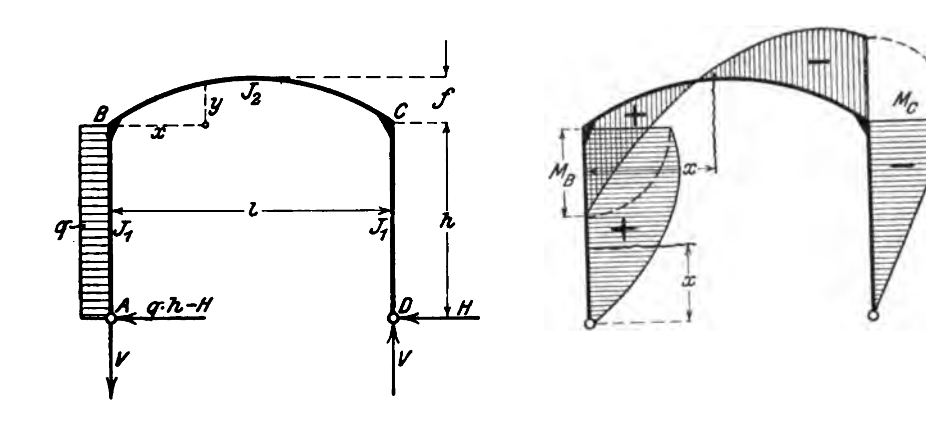
für BP: $M_x = (P - H)(h + y) - Vx$

„ PC: $M_x = V(l - x) - H(h + y)$

$M_C = -Hh.$

Zweistieliger Zweigelenkrahmen mit senkrechten Ständern und parabolischem Querriegel.

Wagerechte, gleichmäßig verteilte Belastung eines Ständers.



$$V = \frac{qh^2}{2l} \qquad\qquad k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{h}{l}$$

$$H = \frac{5qh^2}{8} \cdot \frac{h(5k+6)+4f}{5h^2(2k+3)+4f(5h+2f)} \qquad\qquad y = \frac{4f}{l^2} \cdot x(l-x).$$

Momente:

für AB (Ordinate x von A aus gemessen):

$$M_x = (qh - H)x - \frac{qx^2}{2}$$

$$M_B = \frac{qh^2}{2} - Hh$$

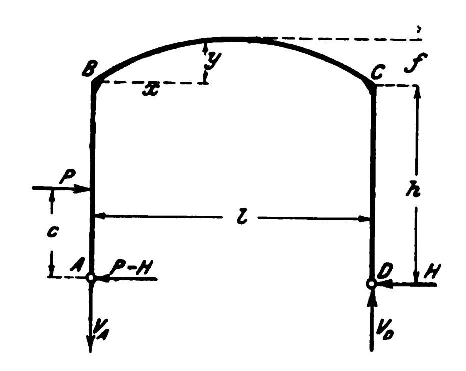
für BC (Abszisse x und Ordinate y von B aus gemessen):

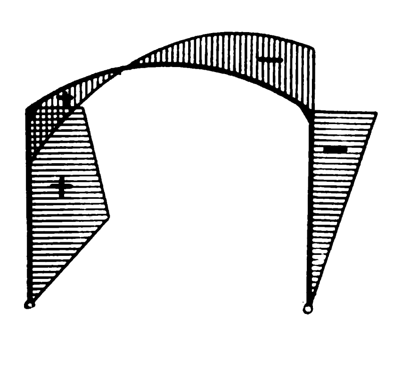
$$M_x = V(l-x) - H(h+y)$$

$$M_C = -Hh.$$

Zweistieliger Zweigelenkrahmen mit senkrechten Ständern und parabolischem Querriegel.

Wagerechte Einzellast an beliebiger Stelle eines Ständers.





$$V_A = V_D = P \cdot \frac{c}{l} \qquad k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{h}{l}$$

$$H = \frac{5\,Pc}{2\,h} \cdot \frac{3\,h^2(k+1) + 2\,fh - c^2 k}{5\,h^2(2\,k+3) + 4\,f(5\,h+2\,f)} \qquad y = \frac{4\,f}{l^2} \cdot x\,(l-x).$$

Momente:

an der Lastangriffsstelle:

$$M_P = +(P-H)\,c$$

in der Rahmenecke B:

$$M_B = +Pc - Hh$$

für BC (Abszisse x und Ordinate y von B aus gemessen):

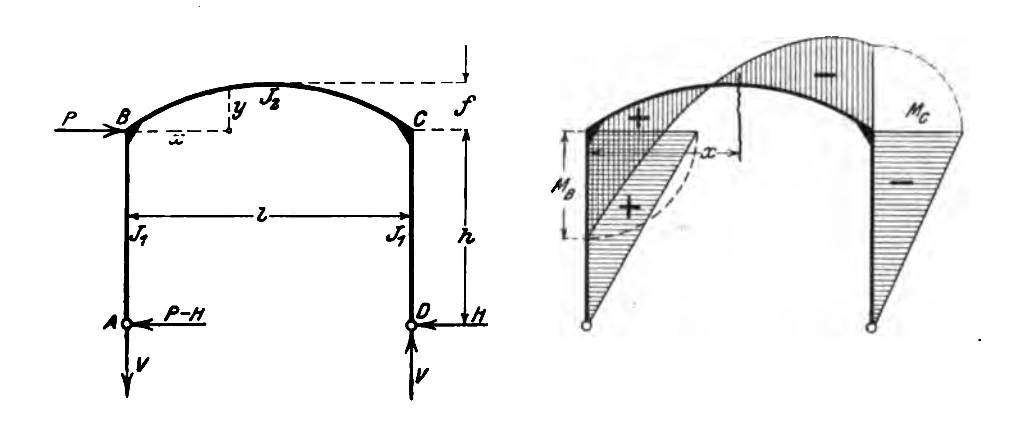
$$M_x = P \cdot \frac{c}{l}\,(l-x) - H\,(h+y)$$

in der Rahmenecke C:

$$M_C = -Hh.$$

Zweistieliger Zweigelenkrahmen mit senkrechten Ständern und parabolischem Querriegel.

Wagerechte Einzellast an einer Rahmenecke.



$$V = P \cdot \frac{h}{l} \qquad\qquad k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{h}{l}$$

$$H = \frac{5\,P}{2} \cdot \frac{h^2(2\,k+3)+2\,f\,h}{5\,h^2(2\,k+3)+4\,f(5\,h+2\,f)} \qquad\qquad y = \frac{4\,f}{l^2} \cdot x\,(l-x).$$

Momente:

in der Rahmenecke B:

$$M_B = (P - H)\,h$$

für BC (Abszisse x und Ordinate y von B aus gemessen):

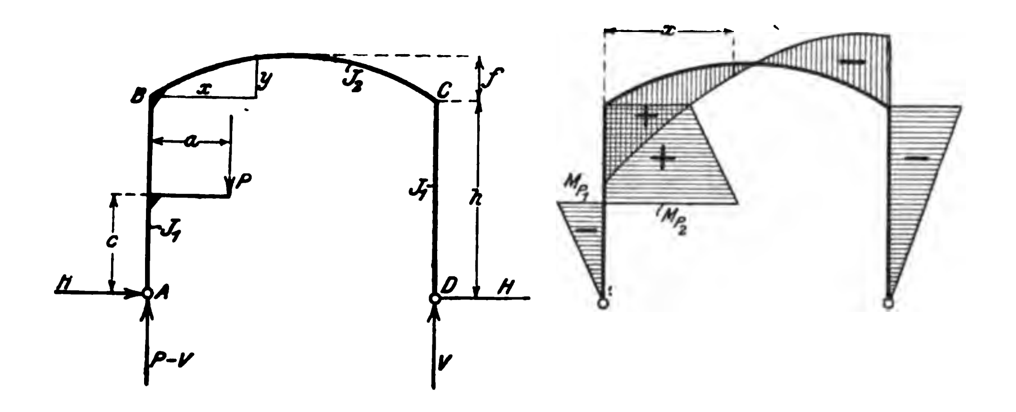
$$M_x = P \cdot \frac{h}{l}\,(l-x) - H\,(h+y)$$

in der Rahmenecke C:

$$M_C = -\,H\,h.$$

Zweistieliger Zweigelenkrahmen mit senkrechten Ständern und parabolischem Querriegel.

Innenkonsole an einem Ständer mit Einzellast.



$$V = P \cdot \frac{a}{l} \qquad y = \frac{4f}{l^2} \cdot x(l-x); \quad k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{h}{l}$$

$$H = \frac{5Pa}{2h} \cdot \frac{3k(h^2-c^2)+h(3h+2f)}{5h^2(2k+3)+4f(5h+2f)}.$$

Momente:

$$M_{P_1} = -Hc$$

$$M_{P_2} = Pa - Hc$$

$$M_B = Pa - Hh$$

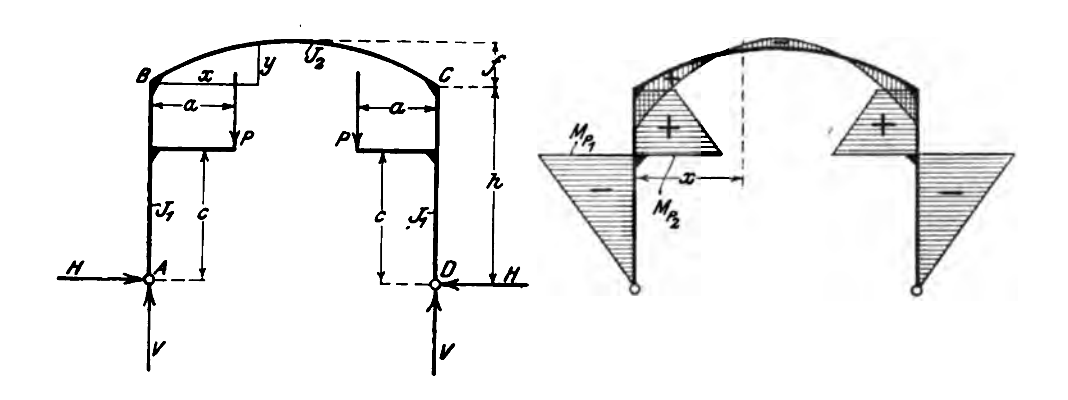
im Querriegel (Abszisse x und Ordinate y von B aus gemessen):

$$M_x = P \cdot \frac{a}{l}(l-x) - H(h+y)$$

$$M_C = -Hh.$$

Zweistieliger Zweigelenkrahmen mit senkrechten Ständern und parabolischem Querriegel.

Innenkonsolen an beiden Ständern mit Einzellasten.



$$V = P \qquad k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{h}{l}; \qquad y = \frac{4f}{l^2} \cdot x(l - x)$$

$$H = \frac{5Pa}{h} \cdot \frac{3k(h^2 - c^2) + h(3h + 2f)}{5h^2(2k + 3) + 4f(5h + 2f)}.$$

Momente:

$$M_{P_1} = -Hc$$

$$M_{P_2} = Pa - Hc$$

$$M_B = M_C = Pa - Hh$$

im Querriegel:

$$M_x = Pa - H(h + y).$$

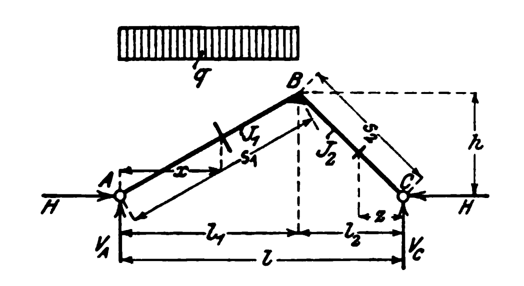
VIII. Dreieckrahmen

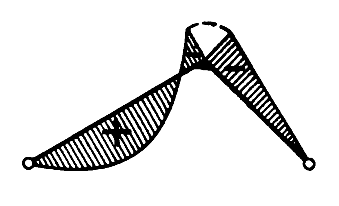
mit Fußgelenken.

16 Fälle.

Dreieckrahmen mit Fußgelenken.

Senkrechte, gleichmäßig verteilte Belastung des längeren Schenkels (ungleichschenkliger Dreieckrahmen).





$$V_A = \frac{q\,l_1}{2\,l}(l + l_2) \qquad k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{s_1}{s_2}$$

$$V_C = \frac{q\,l_1^2}{2\,l}$$

$$H = \frac{q\,l_1^2}{8\,l\,h} \cdot \frac{4\,l_2 + (l + 4\,l_2)\,k}{1 + k}.$$

Momente:

für AB: $$M_x = V_A\,x - H \cdot \frac{h\,x}{l_1} - \frac{q\,x^2}{2}$$

$$M_B = V_C\,l_2 - H\,h$$

„ BC: $$M_z = V_C\,z - H \cdot \frac{h\,z}{l_2}.$$

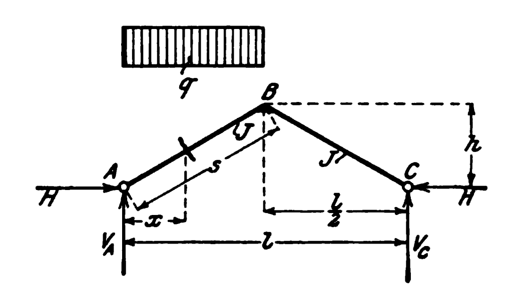
Normalkräfte:

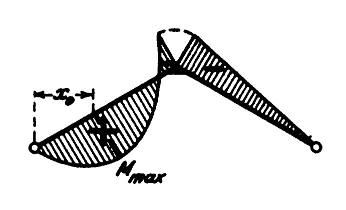
für AB: $$N_x = (V_A - q\,x)\,\frac{h}{s_1} + H \cdot \frac{l_1}{s_1}$$

„ BC: $$N = V_C \cdot \frac{h}{s_2} + H \cdot \frac{l_2}{s_2}.$$

Dreieckrahmen mit Fußgelenken.

Senkrechte, gleichmäßig verteilte Belastung des einen Schenkels (gleichschenkliger Dreieckrahmen).





$$V_A = \frac{3}{8} q l$$

$$V_C = \frac{q l}{8}$$

$$H = \frac{5 q l^2}{64 h}.$$

Momente:

für AB: $$M_x = \frac{7 q l x}{32} - \frac{q x^2}{2}$$

$$+ M_{\max} = + \frac{49}{2048} q l^2 = \sim + \frac{q l^2}{42}; \quad \text{für } x_0 = \frac{7}{32} l$$

$$M_B = - \frac{q l^2}{64}$$

für BC: $$M_z = - \frac{q l z}{32}.$$

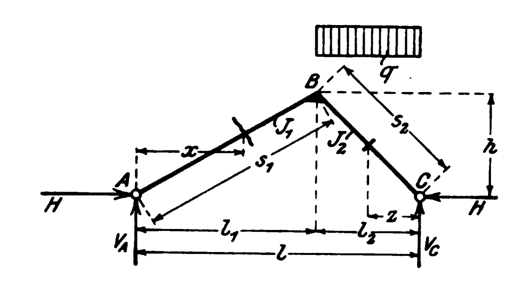
Normalkräfte:

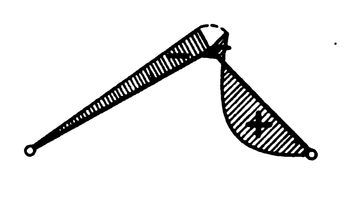
für AB: $$N_x = (V_A - q x) \frac{h}{s} + H \cdot \frac{l}{2 s}$$

„ BC: $$N = V_C \cdot \frac{h}{s} + H \cdot \frac{l}{2 s}.$$

Dreieckrahmen mit Fußgelenken.

Senkrechte, gleichmäßig verteilte Belastung des kürzeren Schenkels (ungleichschenkliger Dreieckrahmen).





$$V_A = \frac{q\,l_2^2}{2\,l}$$

$$k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{s_1}{s_2}$$

$$V_C = \frac{q\,l_2}{2\,l}(l + l_1)$$

$$H = \frac{q\,l_2^2}{8\,l\,h} \cdot \frac{4\,l_1 + l + 4\,l_1\,k}{1 + k}.$$

Momente:

für AB: $M_x = V_A\,x - H \cdot \frac{h\,x}{l_1}$

$M_B = V_A\,l_1 - H\,h$

„ BC: $M_z = V_C\,z - H \cdot \frac{h\,z}{l_2} - \frac{q\,z^2}{2}.$

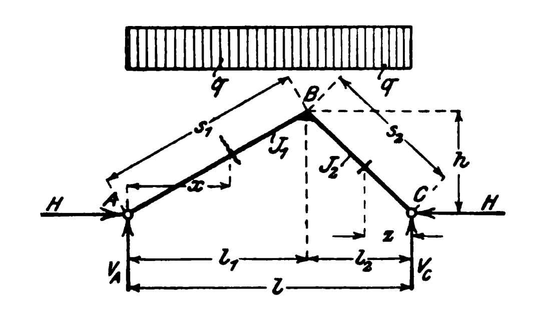
Normalkräfte:

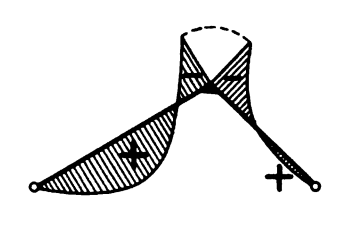
für AB: $N = V_A \cdot \frac{h}{s_1} + H \cdot \frac{l_1}{s_1}$

„ BC: $N_z = (V_C - q\,z)\frac{h}{s_2} + H \cdot \frac{l_2}{s_2}.$

Dreieckrahmen mit Fußgelenken.

Senkrechte, gleichmäßig verteilte Belastung beider Schenkel (ungleichschenkliger Dreieckrahmen).





$$V_A = V_C = \frac{q\,l}{2} \qquad\qquad k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{s_1}{s_2}$$

$$H = \frac{q}{8h} \cdot \frac{l_2(4\,l_1 + l_2) + (l_1 + 4\,l_2)\,l_1 k}{1 + k}.$$

Momente:

$$\text{für } AB\text{:} \quad M_x = \frac{q\,x\,(l - x)}{2} - H \cdot \frac{h\,x}{l_1}$$

$$M_B = \frac{q\,l_1\,l_2}{2} - H\,h$$

$$\text{,, } BC\text{:} \quad M_z = \frac{q\,z\,(l - z)}{2} - H \cdot \frac{h\,z}{l_2}.$$

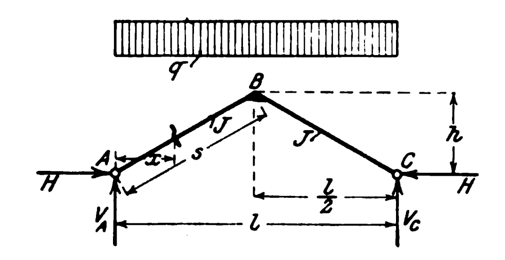
Normalkräfte:

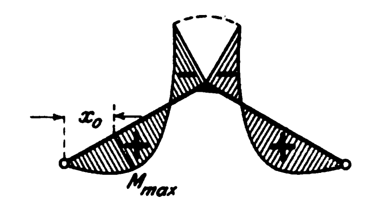
$$\text{für } AB\text{:} \quad N_x = (V_A - q\,x)\,\frac{h}{s_1} + H \cdot \frac{l_1}{s_1}$$

$$\text{,, } BC\text{:} \quad N_z = (V_C - q\,z)\,\frac{h}{s_2} + H \cdot \frac{l_2}{s_2}.$$

Dreieckrahmen mit Fußgelenken.

Senkrechte, gleichmäßig verteilte Belastung beider Schenkel (gleichschenkliger Dreieckrahmen).





$$V_A = V_C = \frac{q\,l}{2}$$

$$H = \frac{5\,q\,l^2}{32\,h}.$$

Momente:

$$\text{für } AB:\quad M_x = \frac{3\,q\,l\,x}{16} - \frac{q\,x^2}{2}$$

$$+M_{\max} = +\frac{9}{512}\,q\,l^2 = \sim + \frac{q\,l^2}{57};\qquad \text{für } x_0 = \frac{3}{16}\,l$$

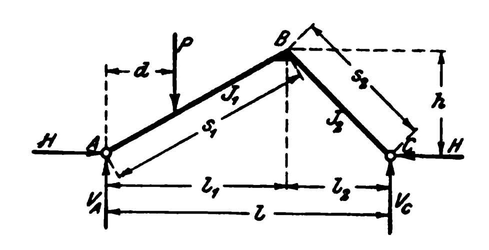
$$M_B = -\frac{q\,l^2}{32}.$$

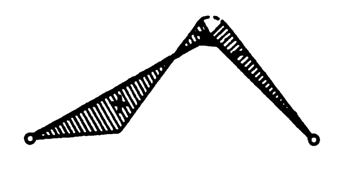
Normalkräfte:

$$\text{für } AB:\quad N_x = (V_A - q\,x)\,\frac{h}{s} + H\cdot\frac{l}{2\,s}.$$

Dreieckrahmen mit Fußgelenken.

Senkrechte Einzellast an beliebiger Stelle des längeren Schenkels (ungleichschenkliger Dreieckrahmen).





$$V_A = P \cdot \frac{l-d}{l}$$

$$V_C = P \cdot \frac{d}{l}$$

$$H = \frac{P\,d}{2\,l\,h} \cdot \frac{2\,l_2 + (3\,l - l\,\delta^2 - 2\,l_1)\,k}{1+k}.$$

$$k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{s_1}{s_2}$$

$$\delta = \frac{d}{l_1}$$

Momente:

$$M_P = V_A\,d - H \cdot \frac{h\,d}{l_1}$$

$$M_B = V_C\,l_2 - H\,h.$$

Normalkräfte:

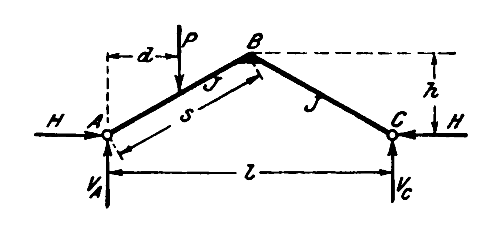
für AP: $N = V_A \cdot \frac{h}{s_1} + H \cdot \frac{l_1}{s_1}$

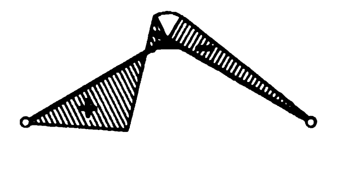
„ PB: $N = (V_A - P) \cdot \frac{h}{s_1} + H \cdot \frac{l_1}{s_1}$

„ BC: $N = V_C \cdot \frac{h}{s_2} + H \cdot \frac{l_2}{s_2}.$

Dreieckrahmen mit Fußgelenken.

Senkrechte Einzellast an beliebiger Stelle des einen Schenkels (gleichschenkliger Dreieckrahmen).





$$V_A = P \cdot \frac{l - d}{l} \qquad \delta = \frac{d}{l}$$

$$V_C = P \cdot \frac{d}{l}$$

$$H = \frac{P d}{4 l h} (3 l - 4 d \delta).$$

Momente:

$$M_P = P d \left(1 - \frac{5}{2} \delta + 2 \delta^3\right)$$

$$M_B = P d \left(\delta^2 - \frac{1}{4}\right).$$

Normalkräfte:

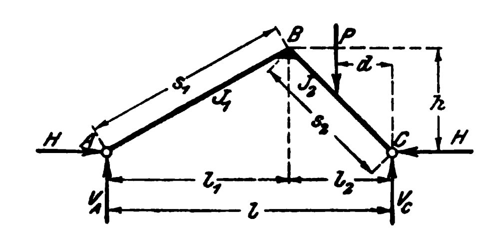
für AP: $\quad N = V_A \cdot \frac{h}{s} + H \cdot \frac{l}{2 s}$

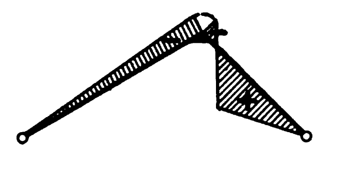
„ PB: $\quad N = (V_A - P) \frac{h}{s} + H \cdot \frac{l}{2 s}$

„ BC: $\quad N = V_C \cdot \frac{h}{s} + H \cdot \frac{l}{2 s}.$

Dreieckrahmen mit Fußgelenken.

Senkrechte Einzellast an beliebiger Stelle des kürzeren Schenkels (ungleichschenkliger Dreieckrahmen).





$$V_A = P \cdot \frac{d}{l} \qquad k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{s_1}{s_2}$$

$$V_C = P \cdot \frac{l-d}{l} \qquad \delta = \frac{d}{l_2}$$

$$H = \frac{P d}{2 l h} \cdot \frac{3 l - l \delta^2 - 2 l_2 + 2 l_1 k}{1 + k}.$$

Momente:

$$M_B = V_A l_1 - H h$$

$$M_P = V_C d - H \cdot \frac{h d}{l_2}.$$

Normalkräfte:

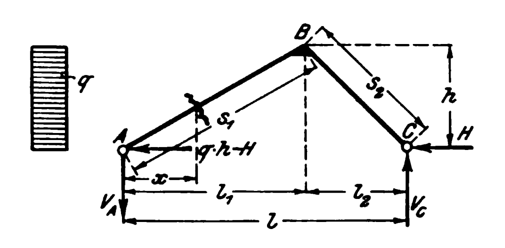
für AB: $N = V_A \cdot \frac{h}{s_1} + H \cdot \frac{l_1}{s_1}$

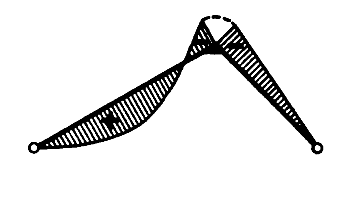
„ BP: $N = (V_C - P) \frac{h}{s_2} + H \cdot \frac{l_2}{s_2}$

„ PC: $N = V_C \cdot \frac{h}{s_2} + H \cdot \frac{l_2}{s_2}.$

Dreieckrahmen mit Fußgelenken.

Wagerechte, gleichmäßig verteilte Belastung des längeren Schenkels (ungleichschenkliger Dreieckrahmen).





$$V_A = V_C = \frac{q h^2}{2 l} \qquad\qquad k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{s_1}{s_2}$$

$$H = \frac{q h}{8 l} \cdot \frac{4 l_2 + (l_1 + 5 l_2) k}{1 + k}.$$

Momente:

für AB: $$M_x = (q h - H) \frac{h x}{l_1} - V_A x - \frac{q h^2 x^2}{2 l_1^2}$$

$$M_B = V_A l_2 - H h.$$

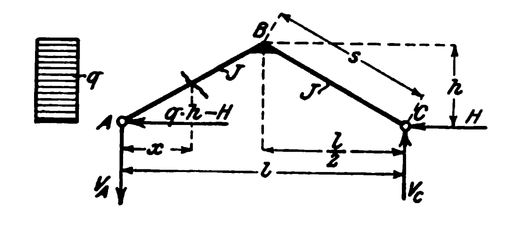
Normalkräfte:

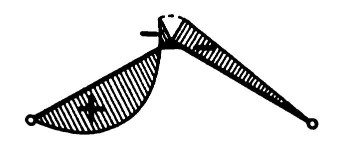
für AB: $$N_x = - V_A \cdot \frac{h}{s_1} - \left(q h - H - \frac{q h x}{l_1}\right) \frac{l_1}{s_1}$$

„ BC: $$N = V_A \cdot \frac{h}{s_2} + H \cdot \frac{l_2}{s_2}.$$

Dreieckrahmen mit Fußgelenken.

Wagerechte, gleichmäßig verteilte Belastung des einen Schenkels (gleichschenkliger Dreieckrahmen).





$$V_A = V_C = \frac{q h^2}{2 l}$$

$$H = \frac{5}{16} \cdot q h.$$

Momente:

für AB: $M_x = \frac{q h^2 x}{8 l^2} (7 l - 16 x)$

$$M_B = -\frac{q h^2}{16}.$$

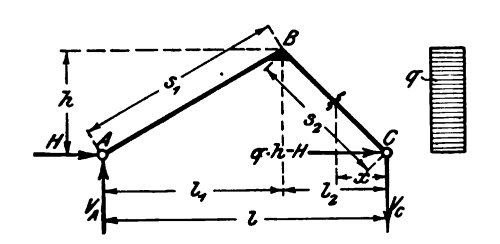
Normalkräfte:

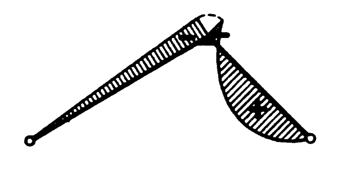
für AB: $N_x = -V_A \cdot \frac{h}{s} - \left(q h - H - \frac{2 q h x}{l}\right) \frac{l}{2 s}$

„ BC: $N = V_A \cdot \frac{h}{s} + H \cdot \frac{l}{2 s}$.

Dreieckrahmen mit Fußgelenken.

Wagerechte, gleichmäßig verteilte Belastung des kürzeren Schenkels (ungleichschenkliger Dreieckrahmen).





$$V_A = V_C = \frac{q h^2}{2 l} \qquad k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{s_1}{s_2}$$

$$H = \frac{q h}{8 l} \cdot \frac{5 l_1 + l_2 + 4 l_1 k}{1 + k}.$$

Momente:

$$M_B = V_A l_1 - H h$$

für BC: $$M_x = (q h - H) \frac{h x}{l_2} - V_A x - \frac{q h^2 x^2}{2 l_2^2}.$$

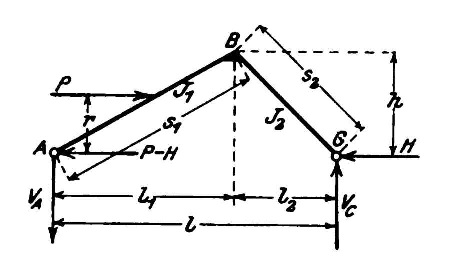
Normalkräfte:

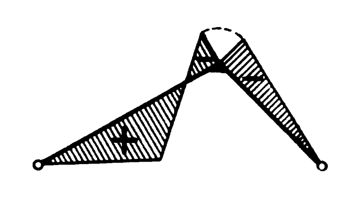
für AB: $$N = V_A \cdot \frac{h}{s_1} + H \cdot \frac{l_1}{s_1}$$

„ BC: $$N_x = - V_A \cdot \frac{h}{s_2} - \left(q h - H - \frac{q h x}{l_2}\right) \frac{l_2}{s_2}.$$

Dreieckrahmen mit Fußgelenken.

Wagerechte Einzellast an beliebiger Stelle eines Schenkels (ungleichschenkliger Dreieckrahmen).





$$V_A = V_C = P \cdot \frac{r}{l} \qquad k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{s_1}{s_2}$$

$$H = \frac{P\delta}{2l} \cdot \frac{2l_2 + (l + 2l_2 - l\delta^2)k}{1+k} \qquad \delta = \frac{r}{h}.$$

Momente:

$$M_P = (P - H)r - V_A l_1 \delta$$

$$M_B = V_A l_2 - Hh.$$

Normalkräfte:

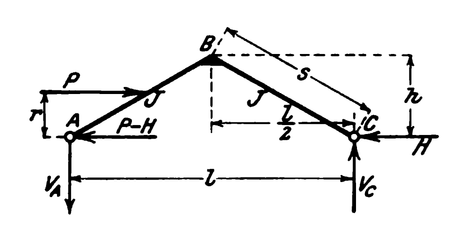
für AP: $N = -V_A \cdot \frac{h}{s_1} - (P - H)\frac{l_1}{s_1}$

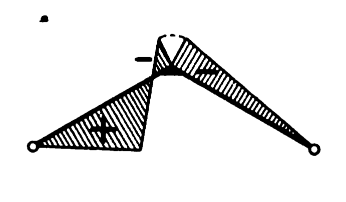
„ PB: $N = -V_A \cdot \frac{h}{s_1} + H \cdot \frac{l_1}{s_1}$

„ BC: $N = V_A \cdot \frac{h}{s_2} + H \cdot \frac{l_2}{s_2}.$

Dreieckrahmen mit Fußgelenken.

Wagerechte Einzellast an beliebiger Stelle eines Schenkels (gleichschenkliger Dreieckrahmen).





$$V_A = V_C = P \cdot \frac{r}{l} \qquad \delta = \frac{r}{h}$$

$$H = \frac{P\delta}{4}(3 - \delta^2).$$

Momente:

$$M_P = \frac{Pr}{4}(4 - 5\delta + \delta^3)$$

$$M_B = -\frac{Pr}{4}(1 - \delta^2).$$

Normalkräfte:

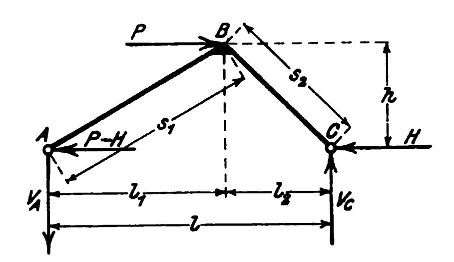
für AP: $N = -V_A \cdot \frac{h}{s_1} - (P - H)\frac{l_1}{s_1}$

„ PB: $N = -V_A \cdot \frac{h}{s_1} + H \cdot \frac{l_1}{s_1}$

„ BC: $N = V_A \cdot \frac{h}{s_2} + H \cdot \frac{l_2}{s_2}$.

Dreieckrahmen mit Fußgelenken.

Wagerechte Einzellast an der Rahmenspitze (ungleichschenkliger Dreieckrahmen).



$$V_A = V_C = P \cdot \frac{h}{l}$$

$$H = \frac{P\,l_2}{l}.$$

Sämtliche Momente $= 0$.

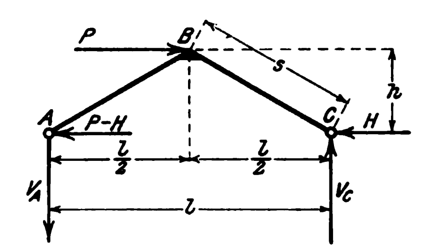
Normalkräfte:

für AB: $N = -\,V_A \cdot \frac{h}{s_1} - (P - H)\,\frac{l_1}{s_1}$

„ BC: $N = V_A \cdot \frac{h}{s_2} + H \cdot \frac{l_2}{s_2}$.

Dreieckrahmen mit Fußgelenken.

Wagerechte Einzellast an der Rahmenspitze (gleichschenkliger Dreieckrahmen).



$$V_A = V_C = P \cdot \frac{h}{l}$$

$$H = \frac{P}{2}.$$

Sämtliche Momente $= 0$.

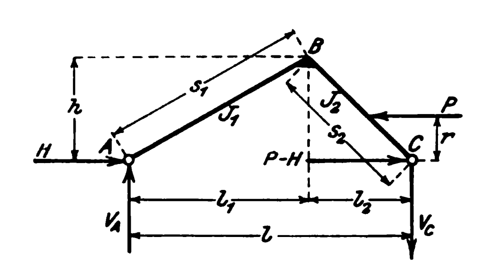
Normalkräfte:

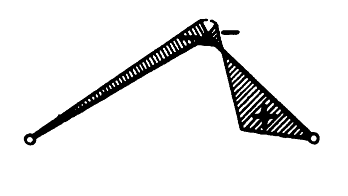
für AB: $N = -P \cdot \frac{4h^2 - l^2}{4ls}$

„ BC: $N = +P \cdot \frac{4h^2 + l^2}{4ls}$

Dreieckrahmen mit Fußgelenken.

Wagerechte Einzellast an beliebiger Stelle des kürzeren Schenkels (ungleichschenkliger Dreieckrahmen).





$$V_A = V_C = P \cdot \frac{r}{l} \qquad k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{s_1}{s_2}$$

$$H = \frac{P\delta}{2l} \cdot \frac{l + 2l_1 - l\delta^2 + 2l_1 k}{1+k} \qquad \delta = \frac{r}{h}.$$

Momente:

$$M_B = V_A l_1 - Hh$$

$$M_P = (P - H)r - V_C l_2 \delta.$$

Normalkräfte:

für AB: $N = V_A \cdot \frac{h}{s_1} + H \cdot \frac{l_1}{s_1}$

„ BP: $N = -V_A \cdot \frac{h}{s_2} + H \cdot \frac{l_2}{s_2}$

„ PC: $N = -V_A \cdot \frac{h}{s_2} - (P - H)\frac{l_2}{s_2}.$

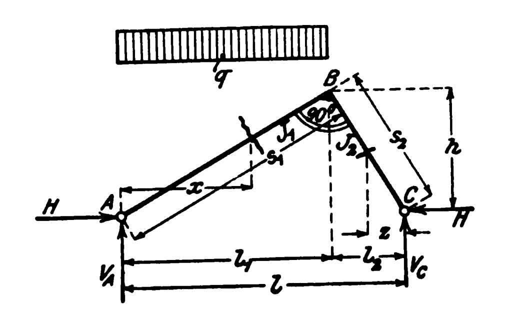
IX. Shedrahmen

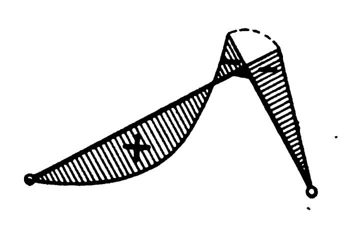
mit Fußgelenken.

9 Fälle.

Shedrahmen mit Fußgelenken.

Senkrechte, gleichmäßig verteilte Belastung des längeren Schenkels.





$$V_A = \frac{q\,l_1}{2\,l}\,(l + l_2)$$

$$k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{l_1}{h}$$

$$V_C = \frac{q\,l_1^2}{2\,l}$$

$$H = \frac{q\,l_1^2}{8\,l\,h} \cdot \frac{4\,l_2 + (l + 4\,l_2)\,k}{1 + k}.$$

Momente:

für AB: $$M_x = V_A\,x - H \cdot \frac{h\,x}{l_1} - \frac{q\,x^2}{2}$$

$$M_B = M_C\,l_2 - H\,h$$

„ BC: $$M_z = V_C\,z - H \cdot \frac{h\,z}{l_2}.$$

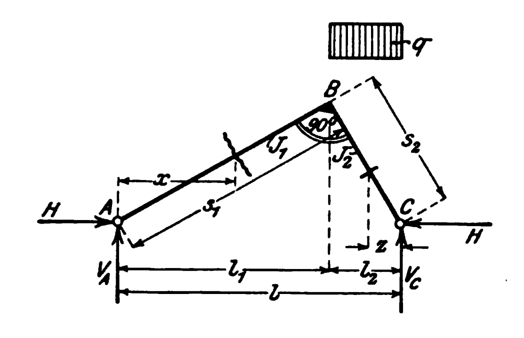
Normalkräfte:

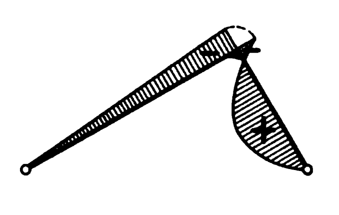
für AB: $$N_x = (V_A - q\,x)\,\frac{h}{s_1} + H \cdot \frac{l_1}{s_1}$$

„ BC: $$N = V_C \cdot \frac{h}{s_2} + H \cdot \frac{l_2}{s_2}.$$

Shedrahmen mit Fußgelenken.

Senkrechte, gleichmäßig verteilte Belastung des kürzeren Schenkels.





$$V_A = \frac{q\, l_2}{2\, l}$$

$$k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{l_1}{h}$$

$$V_C = \frac{q\, l_2}{2\, l}\,(l + l_1)$$

$$H = \frac{q\, l_2^2}{8\, l\, h} \cdot \frac{4\, l_1 + l + 4\, l_1\, k}{1 + k}.$$

Momente:

für AB: $M_x = V_A\, x - H \cdot \frac{h\, x}{l_1}$

$M_B = V_A\, l_1 - H h$

„ BC: $M_z = V_C\, z - H \cdot \frac{h\, z}{l_2} - \frac{q\, z^2}{2}.$

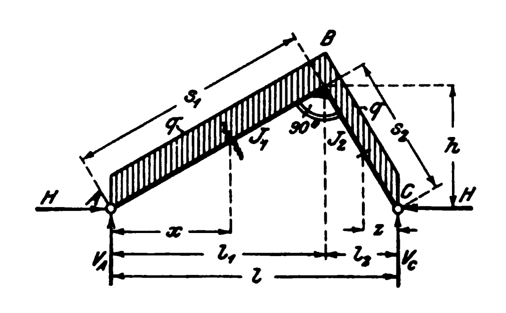
Normalkräfte:

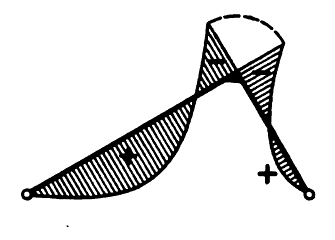
für AB: $N = V_A \cdot \frac{h}{s_1} + H \cdot \frac{l_1}{s_1}$

„ BC: $N_z = (V_C - q\, z)\, \frac{h}{s_2} + H \cdot \frac{l_2}{s_2}.$

Shedrahmen mit Fußgelenken.

Senkrechte, gleichmäßig verteilte Belastung beider Schenkel.





$$V_A = V_C = \frac{q\,l}{2} \qquad\qquad k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{l_1}{h}$$

$$H = \frac{q}{8\,h} \cdot \frac{l_2\,(4\,l_1 + l_2) + (l_1 + 4\,l_2)\,l_1\,k}{1 + k}.$$

Momente:

$$\text{für } AB\text{:}\quad M_x = \frac{q\,x\,(l - x)}{2} - H \cdot \frac{h\,x}{l_1}$$

$$M_B = \frac{q\,l_1\,l_2}{2} - H\,h$$

$$\text{„ } BC\text{:}\quad M_z = \frac{q\,z\,(l - z)}{2} - H \cdot \frac{h\,z}{l_2}.$$

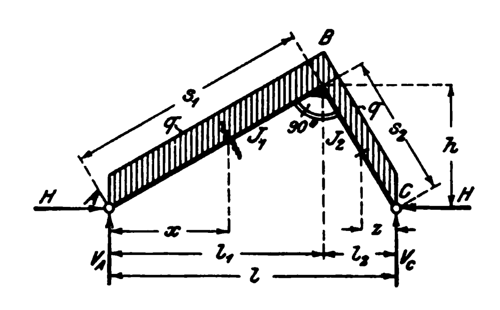
Normalkräfte:

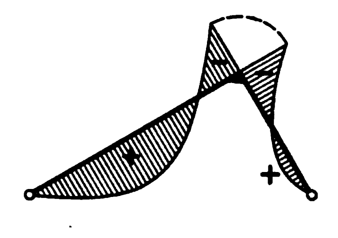
$$\text{für } AB\text{:}\quad N_x = (V_A - q\,x)\,\frac{h}{s_1} + H \cdot \frac{l_1}{s_1}$$

$$\text{„ } BC\text{:}\quad N_z = (V_C - q\,z)\,\frac{h}{s_2} + H \cdot \frac{l_2}{s_2}.$$

Shedrahmen mit Fußgelenken.

Senkrechte, gleichmäßig verteilte Belastung beider Schenkel.





$$V_A = V_C = \frac{q\,l}{2} \qquad\qquad k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{l_1}{h}$$

$$H = \frac{q}{8\,h} \cdot \frac{l_2\,(4\,l_1 + l_2) + (l_1 + 4\,l_2)\,l_1\,k}{1 + k}.$$

Momente:

für AB: $$M_x = \frac{q\,x\,(l - x)}{2} - H \cdot \frac{h\,x}{l_1}$$

$$M_B = \frac{q\,l_1\,l_2}{2} - H\,h$$

„ BC: $$M_z = \frac{q\,z\,(l - z)}{2} - H \cdot \frac{h\,z}{l_2}.$$

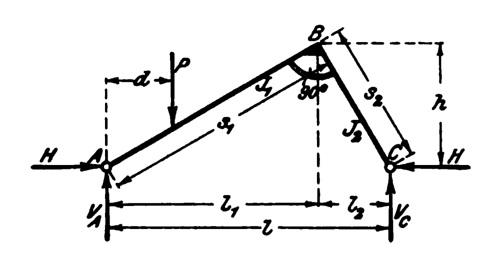
Normalkräfte:

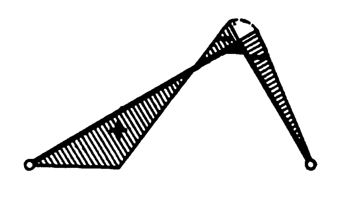
für AB: $$N_x = (V_A - q\,x)\,\frac{h}{s_1} + H \cdot \frac{l_1}{s_1}$$

„ BC: $$N_z = (V_C - q\,z)\,\frac{h}{s_2} + H \cdot \frac{l_2}{s_2}.$$

Shedrahmen mit Fußgelenken.

Senkrechte Einzellast an beliebiger Stelle des längeren Schenkels.





$$V_A = P \cdot \frac{l-d}{l} \qquad k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{l_1}{h}$$

$$V_C = P \cdot \frac{d}{l} \qquad \delta = \frac{d}{l_1}$$

$$H = \frac{P\,d}{2\,l\,h} \cdot \frac{2\,l_2 + (3\,l - l\,\delta^2 - 2\,l_1)\,k}{1+k}.$$

Momente:

$$M_P = V_A\,d - H \cdot \frac{h\,d}{l_1}$$

$$M_B = V_C\,l_2 - H\,h.$$

Normalkräfte:

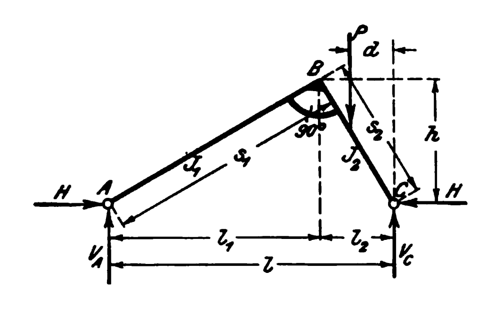
für AP: $N = V_A \cdot \frac{h}{s_1} + H \cdot \frac{l_1}{s_1}$

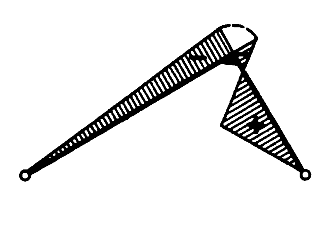
„ PB: $N = (V_A - P)\frac{h}{s_1} + H \cdot \frac{l_1}{s_1}$

„ BC: $N = V_C \cdot \frac{h}{s_2} + H \cdot \frac{l_2}{s_2}.$

Shedrahmen mit Fußgelenken.

Senkrechte Einzellast an beliebiger Stelle des kürzeren Schenkels.





$$V_A = P \cdot \frac{d}{l} \qquad k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{l_1}{h}$$

$$V_C = P \cdot \frac{l-d}{l} \qquad \delta = \frac{d}{l_2}$$

$$H = \frac{Pd}{2lh} \cdot \frac{3l - l\delta^2 - 2l_2 + 2l_1 k}{1+k}.$$

Momente:

$$M_B = V_A l_1 - Hh$$

$$M_P = V_C d - H \cdot \frac{hd}{l_2}.$$

Normalkräfte:

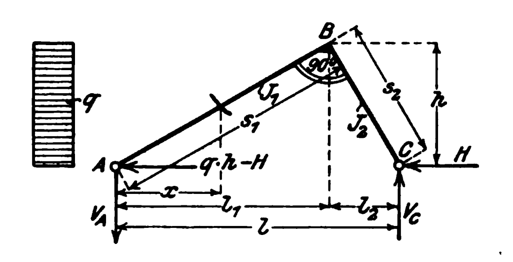
für AB: $\quad N = V_A \cdot \frac{h}{s_1} + H \cdot \frac{l_1}{s_1}$

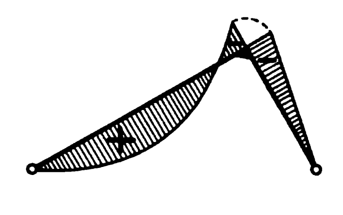
„ BP: $\quad N = (V_C - P)\frac{h}{s_2} + H \cdot \frac{l_2}{s_2}$

„ PC: $\quad N = V_C \cdot \frac{h}{s_2} + H \cdot \frac{l_2}{s_2}.$

Shedrahmen mit Fußgelenken.

Wagerechte, gleichmäßig verteilte Belastung des längeren Schenkels.





$$V_A = V_C = \frac{q h^2}{2 l} \qquad\qquad k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{l_1}{h}$$

$$H = \frac{q h}{8 l} \cdot \frac{4 l_2 + (l_1 + 5 l_2) k}{1 + k}.$$

Momente:

für AB: $M_x = (qh - H)\frac{h x}{l_1} - V_A x - \frac{q h^2 x^2}{2 l_1^2}$

$M_B = V_A l_1 - H h.$

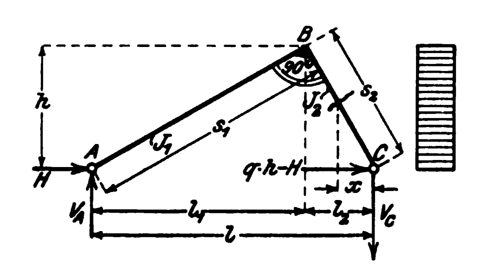
Normalkräfte:

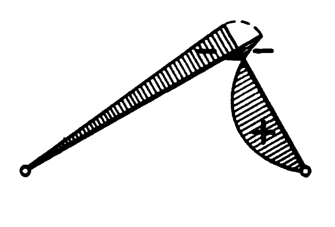
für AB: $N_x = -V_A \cdot \frac{h}{s_1} - \left(q h - H - \frac{q h x}{l_1}\right) \frac{l_1}{s_1}$

„ BC: $N = V_A \cdot \frac{h}{s_2} + H \cdot \frac{l_2}{s_2}.$

Shedrahmen mit Fußgelenken.

Wagerechte, gleichmäßig verteilte Belastung des kürzeren Schenkels.





$$V_A = V_C = \frac{q h^2}{2 l} \qquad k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{l_1}{h}$$

$$H = \frac{q h}{8 l} \cdot \frac{5 l_1 + l_2 + 4 l_1 k}{1 + k}.$$

Momente:

$$M_B = V_A l_1 - H h$$

für BC: $$M_x = (q h - H) \frac{h x}{l_2} - V_A x - \frac{q h^2 x^2}{2 l_2^2}.$$

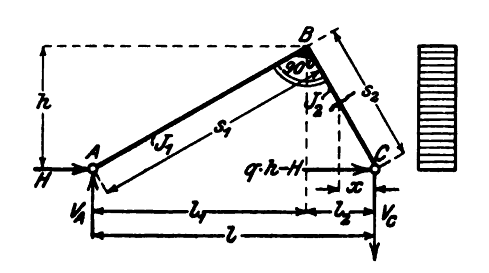
Normalkräfte:

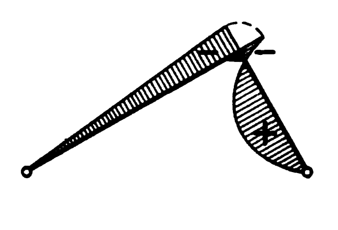
für AB: $$N = V_A \cdot \frac{h}{s_1} + H \cdot \frac{l_1}{s_1}$$

„ BC: $$N_x = -V_A \cdot \frac{h}{s_2} - \left(q h - H - \frac{q h x}{l_2}\right) \frac{l_2}{s_2}.$$

Shedrahmen mit Fußgelenken.

Wagerechte, gleichmäßig verteilte Belastung des kürzeren Schenkels.





$$V_A = V_C = \frac{q h^2}{2 l}$$

$$k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{l_1}{h}$$

$$H = \frac{q h}{8 l} \cdot \frac{5 l_1 + l_2 + 4 l_1 k}{1 + k}.$$

Momente:

$$M_B = V_A l_1 - H h$$

für BC: $$M_x = (q h - H) \frac{h x}{l_2} - V_A x - \frac{q h^2 x^2}{2 l_2^2}.$$

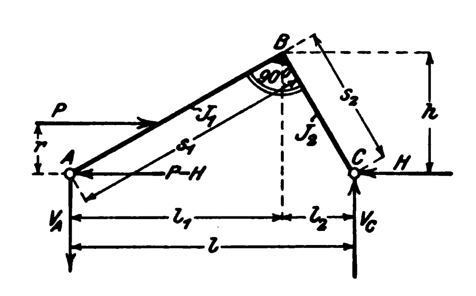
Normalkräfte:

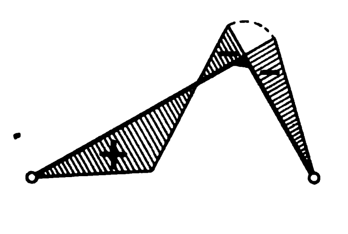
für AB: $$N = V_A \cdot \frac{h}{s_1} + H \cdot \frac{l_1}{s_1}$$

„ BC: $$N_x = -V_A \cdot \frac{h}{s_2} - \left(q h - H - \frac{q h x}{l_2}\right) \frac{l_2}{s_2}.$$

Shedrahmen mit Fußgelenken.

Wagerechte Einzellast an beliebiger Stelle des längeren Schenkels.





$$V_A = V_C = P \cdot \frac{r}{l} \qquad k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{l_1}{h}; \qquad \delta = \frac{r}{h}$$

$$H = \frac{P\delta}{2l} \cdot \frac{2l_2 + (l + 2l_2 - l\delta^2)k}{1+k}.$$

Momente:

$$M_P = (P - H)r - V_A l_1 \delta$$

$$M_B = V_A l_2 - Hh.$$

Normalkräfte:

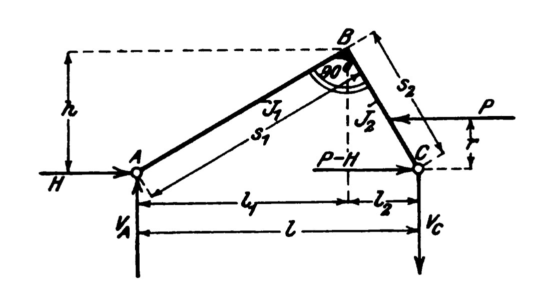
für AP: $N = -V_A \cdot \frac{h}{s_1} - (P - H)\frac{l_1}{s_1}$

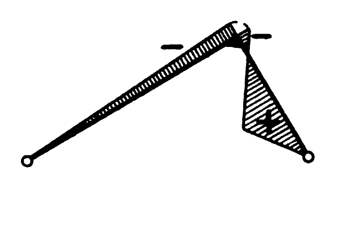
„ PB: $N = -V_A \cdot \frac{h}{s_1} + H \cdot \frac{l_1}{s_1}$

„ BC: $N = V_A \cdot \frac{h}{s_2} + H \cdot \frac{l_2}{s_2}.$

Shedrahmen mit Fußgelenken.

Wagerechte Einzellast an beliebiger Stelle des kürzeren Schenkels.





$$V_A = V_C = P \cdot \frac{r}{l} \qquad k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{l_1}{h}$$

$$H = \frac{P\delta}{2l} \cdot \frac{l + 2l_1 - l\delta^2 + 2l_1 k}{1 + k} \qquad \delta = \frac{r}{h}.$$

Momente:

$$M_B = V_A l_1 - Hh$$

$$M_P = (P - H) r - V_C l_2 \delta.$$

Normalkräfte:

für AB: $N = V_A \cdot \frac{h}{s_1} + H \cdot \frac{l_1}{s_1}$

„ BP: $N = -V_A \cdot \frac{h}{s_2} + H \cdot \frac{l_2}{s_2}$

„ PC: $N = -V_A \cdot \frac{h}{s_2} - (P - H) \frac{l_2}{s_2}$.

X.

Geschlossene Rechteckrahmen

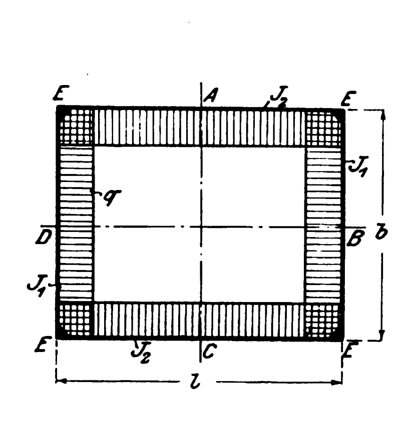
mit gleichmäßig verteilter Innenbelastung.

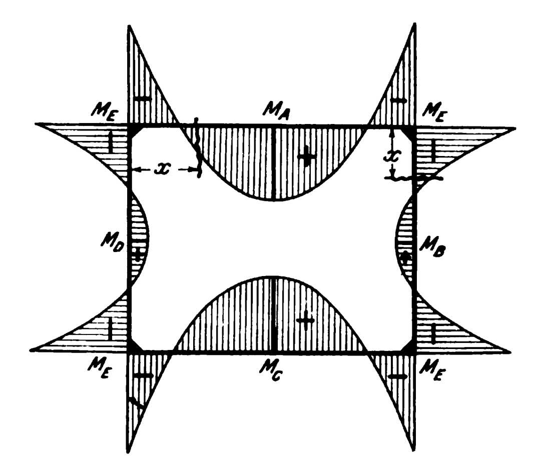
(Für Behälter, Silos u. dgl.)

4 Fälle.

Geschlossene Rechteckrahmen mit gleichmäßig verteilter Innenbelastung.

Einfacher Rechteckrahmen ohne Zugband.





$$M_E = -\frac{q}{12} \cdot \frac{l^2 + b^2 k}{1 + k} \qquad k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{b}{l}$$

$$M_A = M_C = \frac{q\,l^2}{8} + M_E$$

$$M_B = M_D = \frac{q\,b^2}{8} + M_E.$$

Moment an einer beliebigen Stelle der Strecken AE bezw. CE im Abstand x von E:

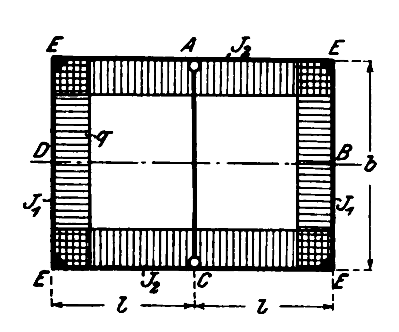
$$M_x = \frac{q\,x}{2}(l - x) + M_E.$$

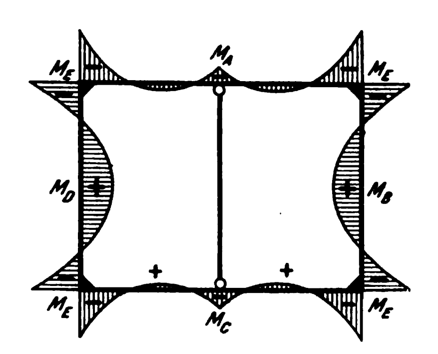
Moment an einer beliebigen Stelle der Strecken BE bezw. DE im Abstand x von E:

$$M_x = \frac{q\,x}{2}(b - x) + M_E.$$

Geschlossene Rechteckrahmen mit gleichmäßig verteilter Innenbelastung.

Rechteckrahmen mit gelenkig angeordnetem Zugband in der Mitte einer Seite.





Zugkraft im Zugband AC:

$$Z = \frac{q}{2l} \cdot \frac{2l^2 + (5l^2 - b^2)k}{1 + 2k} \qquad k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{b}{l}.$$

Momente:

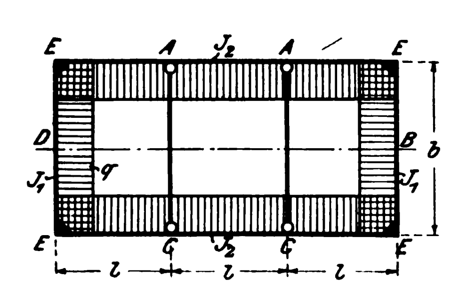
$$M_E = -\frac{q}{12} \cdot \frac{l^2 + 2b^2 k}{1 + 2k}$$

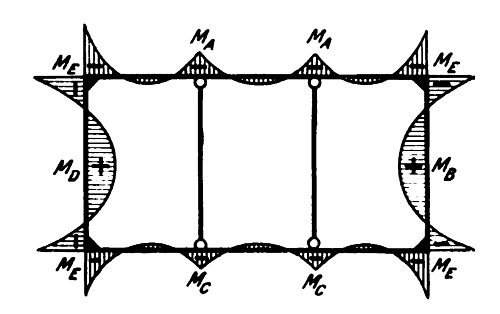
$$M_A = M_C = -\frac{q}{12} \cdot \frac{l^2 + (3l^2 - b^2)k}{1 + 2k}$$

$$M_B = M_D = \frac{qb^2}{8} + M_E.$$

Geschlossener Rechteckrahmen mit gleichmäßig verteilter Innenbelastung.

Rechteckrahmen mit zwei gelenkig angeordneten Zugbändern in den Drittelpunkten einer Seite.





Zugkraft in den Zugbändern AC:

$$Z = \frac{q}{2l} \cdot \frac{6l^2 + (11l^2 - b^2)k}{3 + 5k} \qquad k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{l}{b}.$$

Momente:

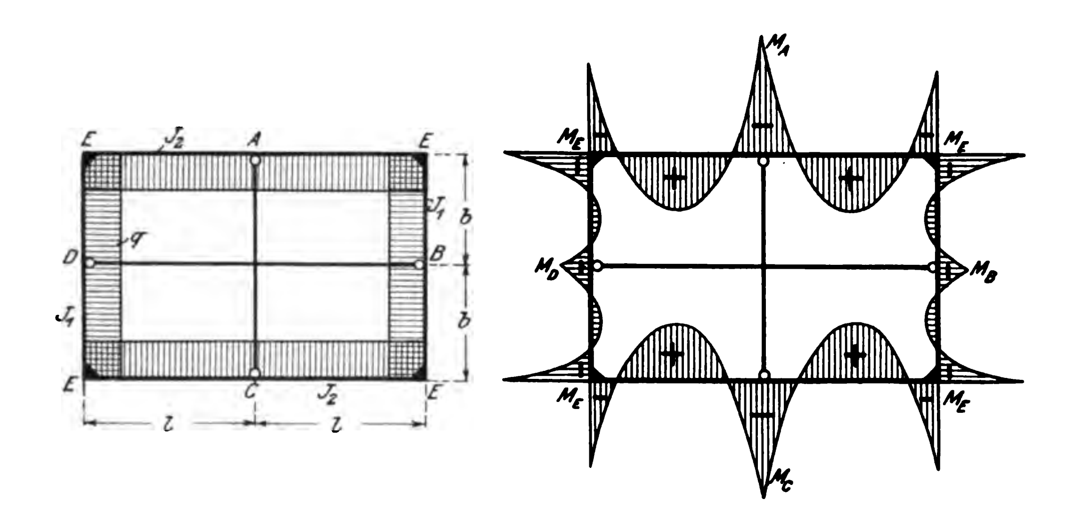
$$M_E = \frac{q}{12} \cdot \frac{3l^2 + 5b^2k}{3 + 5k}$$

$$M_A = M_C = \frac{q}{12} \cdot \frac{3l^2 + (6l^2 - b^2)k}{3 + 5k}$$

$$M_B = M_D = \frac{qb^2}{8} + M_E.$$

Geschlossener Rechteckrahmen mit gleichmäßig verteilter Innenbelastung.

Rechteckrahmen mit zwei kreuzweise, gelenkig angeordneten Zugbändern je in der Mitte der Rahmenseiten.



Zugkraft im Zugband AC:

$$Z_1 = \frac{q}{4\,l} \cdot \frac{l\,(4\,l + 5\,b) - b^2 k}{1 + k} \qquad k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{b}{l}.$$

Zugkraft im Zugband BD:

$$Z_2 = \frac{q}{4\,b} \cdot \frac{5\,b^2 - l^2 + 4\,l^2 k}{1 + k}.$$

Momente:

$$M_E = -\frac{q}{12} \cdot \frac{l^2 + b^2 k}{1 + k}$$

$$M_A = M_C = -\frac{q}{24} \cdot \frac{l\,(2\,l + 3\,b) - b^2 k}{1 + k}$$

$$M_B = M_D = -\frac{q}{24} \cdot \frac{3\,b^2 - l^2 + 2\,b^2 k}{1 + k}.$$

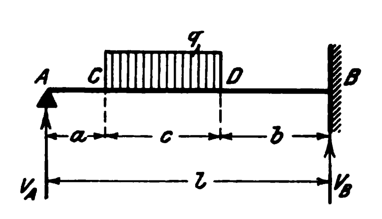
XI. Anhang.

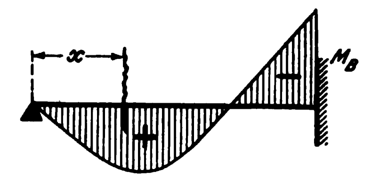
Einige Fälle teilweise und vollständig eingespannter Träger mit Sonderbelastungen.

a. Einerseits frei aufliegende, anderseits eingespannte Träger.

12 Fälle.

Gleichmäßig verteilte Streckenlast von beliebiger Länge.





$$V_A = \frac{q}{8\,l^3}\left\{(a+c)^4 - a^4 + 2\,l^2 c\,[l + 3\,(b-a)]\right\}$$

$$V_B = q\,c - V_A.$$

Momente:

$$M_C = +\,V_A\,a.$$

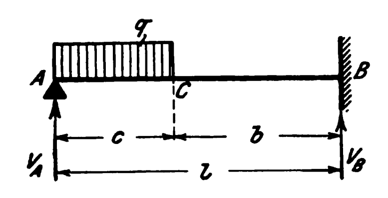
Moment an einer beliebigen Stelle der Strecke CD im Abstand x von A:

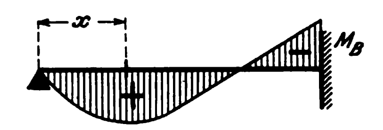
$$M_x = +\,V_A\,x - \frac{q}{2}\,(x-a)^2$$

$$M_D = +\,V_A\,(a+c) - \frac{q\,c^2}{2}$$

$$M_B = +\,V_A\,l - \frac{q\,c}{2}\,(2\,b + c) = \frac{-\,q}{8\,l^2}\,[a^4 - (a+c)^4 + 2\,l^2 c\,(2\,a + c)].$$

Gleichmäßig verteilte Streckenlast am freien Auflager.





$$V_A = \frac{q\,c}{8\,l^3}\,[c^3 + 2\,l^2\,(l + 3\,b)]$$

$$V_B = q\,c - V_A.$$

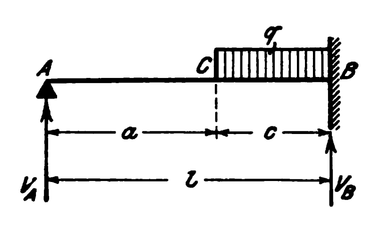
Moment an einer beliebigen Stelle der Strecke AC im Abstand x von A:

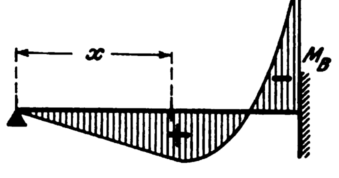
$$M_x = +\,V_A\,x - \frac{q\,x^2}{2}$$

$$M_C = +\,V_A\,c - \frac{q\,c^2}{2} = \frac{q\,c^2}{8\,l^3}\,[c^3 + 2\,l^2\,(3\,b - l)]$$

$$M_B = -\,\frac{q\,c^2}{8\,l^2}\,(2\,l^2 - c^2).$$

Gleichmäßig verteilte Streckenlast am eingespannten Ende.





$$V_A = \frac{q\,c^2}{8\,l^3}(4\,a + 3\,c)$$

$$V_B = q\,c - V_A.$$

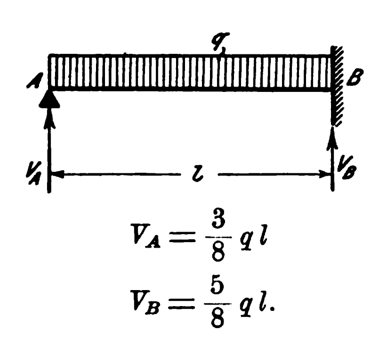
Momente: $M_C = + V_A\,a.$

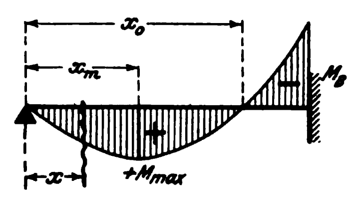
Moment an einer beliebigen Stelle der Strecke CB im Abstand x von A:

$$M_x = + V_A\,x - \frac{q}{2}(x - a)^2$$

$$M_B = - \frac{q\,c^2}{8\,l^2}(4\,a\,l + c^2).$$

Gleichmäßig verteilte Belastung auf die ganze Länge.





$$V_A = \frac{3}{8}\,q\,l$$

$$V_B = \frac{5}{8}\,q\,l.$$

Moment an einer beliebigen Stelle im Abstand x von A:

$$M_x = \frac{q\,x}{8}(3\,l - 4\,x).$$

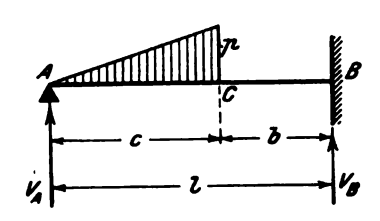
Maximalmoment: für $x_m = \frac{3}{8}\,l$

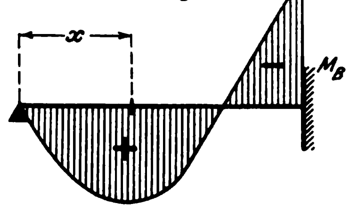
$$+ M_{max} = + \frac{9}{128}\,q\,l^2.$$

Momentennullpunkt: für $x_0 = \frac{3}{4}\,l$

$$M_B = - \frac{q\,l^2}{8}.$$

Teilweise Dreiecklast mit Minimum am freien Auflager.





$$V_A = \frac{p\,c}{10\,l^3}\,(c^3 + 5\,l^2 b)$$

$$V_B = \frac{p\,c^2}{10\,l^3}\,(5\,l^2 - c^2).$$

Moment an einer beliebigen Stelle der Strecke AC im Abstand x von A:

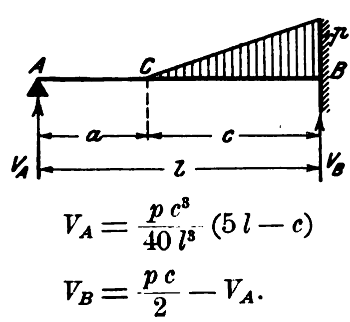
$$M_x = + V_A\,x - \frac{p\,x^3}{6\,c}$$

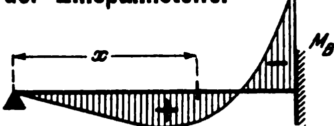
$$M_C = \frac{p\,c^2}{30\,l^3}\,(10\,l^3 - 15\,l^2 c + 3\,c^3)$$

$$M_B = - \frac{p\,c^2}{30\,l^2}\,(5\,l^2 - 3\,c^2).$$

Maximalmoment: für $x_m = \frac{c}{l}\sqrt{\frac{c^3}{5\,l} + l\,b}.$

Teilweise Dreiecklast mit Maximum an der Einspannstelle.





$$V_A = \frac{p\,c^3}{40\,l^3}\,(5\,l - c)$$

$$V_B = \frac{p\,c}{2} - V_A.$$

Momente: $M_C = + V_A\,a.$

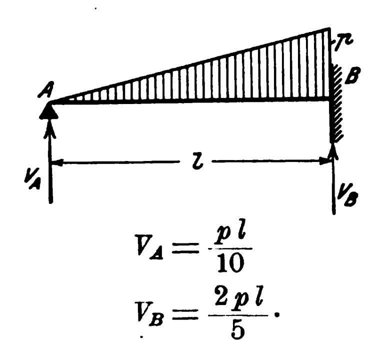
Moment an einer beliebigen Stelle der Strecke CB im Abstand x von A:

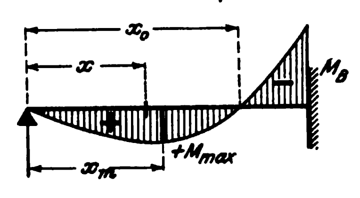
$$M_x = + V_A\,x - \frac{p\,(x - a)^3}{6\,c}$$

$$M_B = - \frac{p\,c^2}{120\,l^2}\,(8\,l^2 + 9\,l\,a + 3\,a^2).$$

Maximalmoment: für $x_m = a + \frac{c^2}{2\,l}\sqrt{1 - \frac{c}{5\,l}}.$

Dreieckbelastung des ganzen Trägers mit Maximum an der Einspannstelle.





$$V_A = \frac{p\,l}{10}$$

$$V_B = \frac{2\,p\,l}{5}.$$

Moment an einer beliebigen Stelle der Strecke AB im Abstand x von A:

$$M_x = +\frac{p\,l\,x}{10} - \frac{p\,x^3}{6\,l}.$$

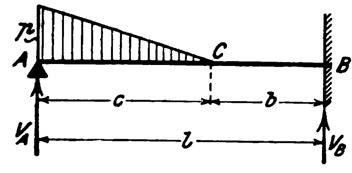
Maximalmoment: für $x_m = \frac{l}{\sqrt{5}} = \sim 0{,}447\,l$

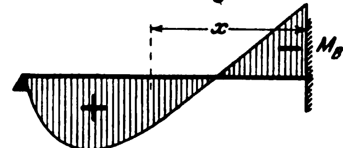
$$+M_{\max} = +\frac{p\,l^2}{15\sqrt{5}} = \sim \frac{p\,l^2}{33{,}5}.$$

Momentennullpunkt: für $x_0 = l\sqrt{0{,}6} = \sim 0{,}775\,l$

$$M_B = -\frac{p\,l^2}{15}.$$

Teilweise Dreieckbelastung mit Maximum am freien Auflager.





$$V_A = \frac{p}{40\,c\,l^3}\,[l^4\,(11\,l - 15\,b) + b^4\,(5\,l - b)]$$

$$V_B = \frac{p\,c}{2} - V_A.$$

Moment an einer beliebigen Stelle der Strecke AC im Abstand x von B:

$$M_x = V_B\,x + M_B - \frac{p\,(x-b)^3}{6\,c}$$

$$M_C = V_A\,c - \frac{p\,c^2}{3}$$

$$M_B = V_A\,l - \frac{p\,c}{6}\,(3\,b + 2\,c)$$

$$= \frac{p}{40\,c\,l^2}\left[l^4\,(11\,l - 15\,b) + b^4\,(5\,l - b) - 20\,c^2\,l^2\left(b + \frac{2\,c}{3}\right)\right].$$